This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 1,066,650

PROPERTY OF
University of Michigan Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE GÉOLOGIE,

TENU À PARIS, DU 29 AU 31 AOÛT ET DU 2 AU 4 SEPTEMBRE 1878.

175
3901-1
8841A

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE.

EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE 1878, A PARIS.

CONGRÈS ET CONFÉRENCES DU PALAIS DU TROCADÉRO.

COMPTES RENDUS STÉNOGRAPHIQUES

PUBLIÉS SOUS LES AUSPICES

DU COMITÉ CENTRAL DES CONGRÈS ET CONFÉRENCES

ET LA DIRECTION DE M. CH. THIRION, SECRÉTAIRE DU COMITÉ,

AVEC LE CONCOURS DES BUREAUX DES CONGRÈS ET DES AUTEURS DE CONFÉRENCES.

CONGRÈS INTERNATIONAL DE GÉOLOGIE,

TENU À PARIS, DU 29 AU 31 AOÛT ET DU 2 AU 4 SEPTEMBRE 1878.

N° 21 de la Série.

PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXX.

QE
1
.I61
1878

QE
1
.I61
1878

CONGRÈS INTERNATIONAL

DE GÉOLOGIE,

TENU À PARIS, DU 29 AU 31 AOÛT ET DU 2 AU 4 SEPTEMBRE 1878.

ARRÊTÉ

DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE

AUTORISANT LE CONGRÈS.

Le Ministre de l'agriculture et du commerce,

Vu notre arrêté en date du 10 mars 1878, instituant huit groupes de Conférences et de Congrès pendant la durée de l'Exposition universelle internationale de 1878;

Vu le Règlement général des Conférences et Congrès;

Vu l'avis du Comité central des Conférences et Congrès,

Arrête :

Article premier. Un Congrès international de Géologie est autorisé à se tenir au palais du Trocadéro, du 29 août au 4 septembre 1878.

Art. 2. M. le Sénateur, Commissaire général, est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Paris, le 11 juin 1878.

Le Ministre de l'agriculture et du commerce,

TEISSERENC DE BORT.

ORGANISATION DU CONGRÈS.

ORIGINE ET BUT DU CONGRÈS. — COMITÉ FONDATEUR.

A la suite de l'Exposition de Philadelphie, en 1876, il s'est formé, à Buffalo, un Comité pour l'organisation à Paris, en 1878, d'un Congrès géologique international. Le but de ce Congrès était principalement de fixer des règles pour la construction des cartes, la nomenclature et les classifications en géologie.

Le *Comité fondateur* était ainsi composé :

Président :

M. James Hall, Albany (États-Unis).

Secrétaire :

M. T.-Sterry Hunt, Montréal (Canada).

Membres du Comité :

MM. William-B. Rogers, J.-W. Dawson, J.-S. Newberry, C.-H. Hitchcock, R. Pumpelly, P. Lesley (États-Unis et Canada).
E.-H. Huxley, Londres (Angleterre).
Otto Torell, Stockholm (Suède).
E.-H. de Baumhauer, Harlem (Hollande).

Le Comité fondateur a fait appel au concours de la Société géologique de France. En réponse à cette demande et sur les désignations du Conseil de la Société, un *Comité d'organisation* a été constitué à Paris. Le 27 juillet 1877, il a nommé son Bureau et s'est complété de la manière suivante :

COMITÉ D'ORGANISATION.

Président :

M. Hébert, membre de l'Institut, professeur de géologie à la Faculté des sciences, ancien président de la Société géologique.

Vice-Présidents :

MM. Tournouër, président pour 1877 de la Société géologique.
Alb. Gaudry, professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle, ancien président de la Société géologique.

Secrétaire général :

M. Jannettaz, aide de minéralogie au Muséum, directeur adjoint à l'École des hautes études, ancien président de la Société géologique.

Secrétaires :

MM. Brocchi, secrétaire de la Société géologique, répétiteur de zoologie à l'École des hautes études.

Delaire, ancien élève de l'École polytechnique, ancien secrétaire de la Société géologique.

Sauvage, aide d'herpétologie au Muséum, ancien vice-président de la Société géologique.

Vélain, répétiteur de géologie à l'École des hautes études, ancien secrétaire de la Société géologique.

Trésorier :

M. Bioche (A.), trésorier de la Société géologique.

Membres du Comité :

MM. Belgrand, membre de l'Institut, inspecteur général des ponts et chaussées, ancien président de la Société géologique [1].

Bureau, professeur de botanique au Muséum, ancien président de la Société botanique de France.

Chancourtois (de), ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'École des mines.

Chatin, membre de l'Institut, directeur de l'École de pharmacie, président actuel de la Société botanique.

Cotteau (G.), ancien président de la Société géologique.

Damour, membre de l'Institut, ancien président de la Société géologique.

Danglure, archiviste de la Société géologique.

Daubrée, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines, professeur de géologie au Muséum, ancien président et vice-président actuel de la Société géologique.

Delafosse, membre de l'Institut, professeur honoraire de minéralogie au Muséum et à la Faculté des sciences.

Delesse, inspecteur général des mines, professeur de géologie à l'École normale supérieure, ancien président de la Société géologique.

Des Cloizeaux, membre de l'Institut, professeur de minéralogie au Muséum.

Desnoyers, membre de l'Institut, bibliothécaire au Muséum.

Fouqué, professeur de géologie au Collège de France.

[1] Décédé le 8 avril 1878.

MM. Friedel (Ch.), membre de l'Institut, professeur de minéralogie à la Faculté des sciences.
Gervais (P.), membre de l'Institut, professeur d'anatomie comparée au Muséum, ancien président de la Société géologique.
Gruner, inspecteur général des mines, ancien président de la Société géologique.
Lapparent (de), ingénieur des mines, professeur de géologie à l'Université catholique de Paris.
Mallard, ingénieur en chef des mines, professeur de minéralogie à l'École des mines.
Michel-Lévy, ingénieur des mines, ancien vice-président de la Société géologique.
Milne-Edwards (A.), professeur de mammalogie au Muséum, et de zoologie à l'École supérieure de pharmacie.
Mortillet (G. de), sous-directeur du Musée de Saint-Germain.
Pellat, ancien président de la Société géologique.
Pomel, sénateur.
Roys (le marquis de), ancien président de la Société géologique.
Vaillant (L.), professeur d'herpétologie au Muséum.

Le Comité d'organisation a provisoirement appelé à faire partie du Conseil du Congrès :

1° Les membres du Comité fondateur;

2° Les membres du Comité d'organisation;

3° Les membres du Congrès présidents actuels de Sociétés géologiques, françaises ou étrangères, ou directeurs de grands services géologiques.

En vertu de ces dispositions, le Conseil du Congrès s'est constitué et complété ainsi qu'il suit :

CONSEIL DU CONGRÈS.

M. James Hall, *président du Comité fondateur;* M. T.-Sterry Hunt, *secrétaire;* MM. William-B. Rogers, J.-W. Dawson, J.-S. Newberry, C.-H. Hitchcock, R. Pumpelly, P. Lesley, T.-H. Huxley, Otto Torell, E.-H. de Baumhauer, *membres.*

M. Hébert, *président du Comité d'organisation;* MM. R. Tournouër et Alb. Gaudry, *vice-présidents;* M. Jannettaz, *secrétaire général;* MM. Brocchi, Delaire, Sauvage et Vélain, *secrétaires;* M. Bioche, *trésorier;* MM. Bureau, de Chancourtois, Chatin, G. Cotteau, Damour, Danglure, Daubrée, Delafosse, Delesse, Des Cloizeaux, Desnoyers, Fouqué, Friedel, Gervais, Gruner, de Lapparent, Mallard, Michel-Lévy, Alph. Milne-Edwards, G. de Mortillet, Pellat, Pomel, le marquis de Roys, L. Vaillant, *membres.*

MM. Barrande.
Briart, président de la Société géologique de Bruxelles.
Capellini, professeur de géologie à l'Université de Bologne.
Chamberlin, directeur du *Geological Survey* du Visconsin.
Cook (G.-H.), directeur du *Geological Survey* du New-Jersey.
Davidson, de la Société royale de Londres.
Dewalque, professeur de géologie à l'Université de Liège (Belgique).
Dieulafait, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Marseille.
Dupont, directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, délégué du Gouvernement belge.
Favre (A.), professeur de géologie à l'Académie de Genève.
Giordano, inspecteur général des mines d'Italie.
Gosselet, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Lille.
Hanks (H.), président de la Société géologique de Californie.
Hantken (Max. de), directeur de l'Institut géologique de Hongrie.
Helland, délégué du Gouvernement norvégien.
Inostranzeff, professeur de géologie à l'Université de Saint-Pétersbourg.
Jaccard, professeur à l'Académie de Neuchâtel.
Johnstrupp, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université de Copenhague.
Kokscharow (le général), de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, directeur de l'Institut des mines.
Koninck (de), professeur à l'Université de Liège.
Lennier, directeur du Musée d'histoire naturelle du Havre.
Liversidge, professeur de géologie à l'Université de Sydney.
Loriol (de), de Genève.
Lory, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Grenoble.
Lundgren, professeur agrégé à l'Université de Lund, délégué du Gouvernement suédois.
Malaise, délégué de l'Académie royale des sciences de Belgique.
Matheron.
Mayer (Ch.), professeur à l'Université de Zurich.
Moeller (de), professeur de paléontologie à l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg.
Morière, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Caen.
Pilar (D.-G.), professeur de géologie à l'Université d'Agram.
Pirona (de), délégué de l'Institut vénitien.
Renevier, professeur de géologie à l'Académie de Lausanne.
Ribeiro (le colonel Carlos), chef de la Section géologique du Portugal.
Saporta (le comte de), membre correspondant de l'Institut.
Sella, ancien Ministre des finances d'Italie.
Selwyn, directeur de la Commission géologique du Canada.
Sirodot, doyen de la Faculté des sciences de Rennes.
Stéphanesco, professeur de géologie à l'Université de Bucharest.
Szabo, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université de Budapest.

MM. Vilanova, professeur de paléontologie à l'Université de Madrid.
Winkler, de Harlem.

Dans une séance préparatoire, tenue le 27 août dans les salles de la Société géologique de France, le Conseil a adopté le programme, voté le règlement et désigné un Bureau provisoire que le Congrès a confirmé dans ses fonctions.

PROGRAMME DU CONGRÈS.

1° Unification des travaux géologiques au point de vue de la nomenclature et du figuré.

2° Discussion sur diverses questions relatives aux limites et aux caractères de quelques terrains.

3° Représentation et coordination des faits d'alignement (failles et filons).

4° Valeur respective des faunes et des flores au point de vue de la délimitation des terrains.

5° Valeur de la composition minéralogique et de la texture des roches au point de vue de leur origine et de leur âge.

RÈGLEMENT GÉNÉRAL DU CONGRÈS.

Article premier. Le Congrès géologique international, réuni sur l'initiative du Comité fondateur de Philadelphie et par les soins du Comité d'organisation de Paris, se tiendra du jeudi 29 août au mercredi 4 septembre.

Art. 2. Par suite de l'autorisation de M. le Ministre de l'agriculture et du commerce, les séances auront lieu au palais du Trocadéro.
La première séance s'ouvrira à trois heures.

Art. 3. La cotisation de membre est fixée à 12 francs. Elle donne le droit :

1° D'assister aux séances;

2° De prendre part aux discussions et aux votes;

3° De recevoir le compte rendu du Congrès.

Les membres recevront en outre le *Guide du géologue à l'Exposition*, catalogue spécial et répertoire de documents rédigé par les soins du Comité d'organisation.

Art. 4. La direction des travaux est confiée à un Conseil et à un Bureau.

Art. 5. Le Conseil se composera :

1° Des membres du Comité fondateur;

2° Des membres du Comité d'organisation;

3° Des membres du Bureau du Congrès;

4° Des présidents actuels des Sociétés géologiques françaises ou étrangères, et des directeurs de grands services géologiques;

5° Des membres du Congrès que le Conseil appellera à siéger dans son sein.

Il se réunira, sur l'avis du président du Congrès, dans les salles de la Société géologique de France.

Art. 6. Le Bureau sera élu, au début de la première séance, sur une liste de présentations dressée par le Conseil.

Il sera chargé de la fixation des ordres du jour des séances.

Art. 7. En raison du nombre des communications déjà inscrites, la durée de chacune d'elles ne devra pas excéder un quart d'heure, sauf avis du Bureau.

Art. 8. Les communications qui seront faites en anglais ou en allemand, mais dont les auteurs auront remis à l'avance un résumé écrit, seront analysées de suite en français par les soins du Bureau.

Art. 9. Pendant la durée du Congrès, les membres seront admis, sur leur demande, à visiter les collections publiques, le service de la carte géologique de France et les collections privées indiquées sur le *Guide*. (*Voir* art. 3.)

Art. 10. Par décision du Conseil de la Société géologique de France, la bibliothèque et les salles de la Société seront ouvertes aux membres du Congrès, de onze heures à six heures, du 20 août au 15 septembre, et le soir à huit heures, pendant la durée de la session.

Art. 11. Après la clôture du Congrès, les membres pourront, sur leur demande, prendre part à la session extraordinaire de la Société géologique de France et aux excursions préparées par la Société.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DU CONGRÈS [1].

ALGÉRIE.

MM. Bourjot, docteur en médecine, ancien membre de la Société géologique, à Alger-Saint-Eugène.

Papier (Alexandre), vice-président de l'Académie d'Hippone, M. S. G., à Bône.

[1] Les lettres F. R. S. désignent les membres de la Société royale de Londres; les lettres M. S. G., les membres de la Société géologique de France.

MM. Pomel, sénateur, M. S. G., à Oran, et rue de Fleurus, 43, à Paris.
Thomas (Ph.), vétérinaire militaire, à Aïn-el-Bey, près Constantine.

ALLEMAGNE.

MM. Bornemann (J.-G.), docteur ès sciences, M. S. G., à Eisenach.
Bornemann (L.-G.), M. S. G., à Eisenach, et rue de Naples, 52, à Paris.
Wolff (F.-M.), docteur en philosophie, conseiller des mines, à Bonn.

ALSACE-LORRAINE.

Société d'histoire naturelle de Colmar.
MM. Friren (l'abbé), professeur au petit séminaire, M. S. G., à Montigny-lès-Metz.
Lamothe (de), M. S. G., château de Bagatelle, à Devant-les-Ponts, près Metz.
Mieg (Mathieu), manufacturier, M. S. G., rue des Bonnes-Gens, 8 *bis*, à Mulhouse.

ARGENTINE (RÉPUBLIQUE).

M. Ameghino (le professeur Florentino), à Mercès.

AUSTRALIE.

M. Liversidge (Arch.), professeur de géologie à l'Université de Sydney.

AUTRICHE-HONGRIE.

MM. Hantken (Max. de), directeur de l'Institut géologique de Hongrie, Kiralyutza, 74, à Budapest.
Karrer (Félix), à Vienne.
Niedzwiedzki (Julien), professeur de géologie à l'École polytechnique, à Léopol (Lemberg).
Pilar, professeur de géologie à l'Université, M. S. G., à Agram.
Szabo, conseiller royal, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université, à Budapest.

BELGIQUE.

MM. Briart (Alphonse), membre de l'Académie royale de Belgique, président de la Société géologique de Belgique, ingénieur en chef des charbonnages de Mariémont et Bascoup, M. S. G., à Morlanwelz.
Charlier, docteur en médecine, M. S. G., rue Saint-Gilles, 19, à Liège.
Cornet, membre de l'Académie royale de Belgique, ancien président de la Société géologique de Belgique, ingénieur civil, M. S. G., à Cuesmes, près Mons.

MM. Delvaux (E.), lieutenant au 3e de lanciers, M. S. G., à Mons.
Dewalque, membre de l'Académie royale de Belgique, professeur de géologie à l'Université, secrétaire perpétuel de la Société géologique de Belgique, M. S. G., à Liège.
Dupont, directeur du Musée royal d'histoire naturelle et du service de la Carte géologique de la Belgique, M. S. G., à Bruxelles.
Faly, ingénieur des mines, à Mons.
Koninck (de), professeur à l'Université de Liège.
Lefèvre (Th.), rue du Pont-Neuf, 10, à Bruxelles.
Malaise (Constantin), professeur à l'Institut agronomique, membre et délégué de l'Académie royale de Belgique, à Gembloux.
Mourlon (Michel), agrégé à la Faculté des sciences, conservateur du Musée royal d'histoire naturelle, M. S. G., rue de Trèves, 24, à Ixelles-lès-Bruxelles.
Rutot (Aimé), ingénieur aux chemins de fer de l'État, M. S. G., rue du Chemin-de-Fer, 31, à Bruxelles.
Vanden Broeck (Ernest), M. S. G., rue Terre-Neuve, 124, à Bruxelles.
Witmeur (Henri), ingénieur des mines, professeur à l'Université, rue de la Toison-d'Or, 60, à Bruxelles.

CANADA.

MM. Cazes (Paul de), délégué du Gouvernement canadien à Paris, membre de la Commission du Canada à l'Exposition universelle, avenue de Lamothe-Piquet, 12, à Paris.
Hunt (Th.-Sterry), ancien membre de la Commission géologique du Canada, M. S. G., rue Durocher, 33, à Montréal.
Selwyn, directeur de la Commission géologique, F. R. S., à Montréal.

DANEMARK.

M. Johnstrupp, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université, à Copenhague.

ESPAGNE.

MM. Adan de Yarza (Ramon), ingénieur des mines, M. S. G., à Bilbao.
Almera (Jaimes), professeur de géologie au séminaire, M. S. G., rue Sellent, 3, à Barcelone.
Botella (F. de), inspecteur général des mines, à Madrid.
Castro (Fernandez de), inspecteur général des mines, à Madrid.
Machado (Antonio), professeur d'histoire naturelle à l'Université, M. S. G., à Séville.
Macpherson (Joseph), M. S. G., salon del Prado, 12, à Madrid.
Mallada (Lucas), ingénieur des mines, M. S. G., Huertas 84, à Madrid.
Piquet, ingénieur civil, plaza de Isabel II, 5, à Madrid.
Rojas (Gironimo), professeur d'histoire naturelle au *Seminario conciliar*, à Santiago.

MM. Seoane (Lopez), professeur émérite d'histoire naturelle, M. S. G., au Ferrol.

Solano y Eulate (Jose-Maria), professeur de géologie à l'Université, M. S. G., rue de Jacometrero, 41, à Madrid.

Vilanova (Jean), professeur de paléontologie à l'Université, M. S. G., rue San Vicente, 12, à Madrid.

ÉTATS-UNIS.

MM. Blake (le professeur), vice-président de l'Institut américain des ingénieurs des mines, Californie.

Chamberlin (T.-C.), *State Geologist*, Beloit, Wisconsin.

Cook (Geo.-H.), directeur du *Geological Survey* du New-Jersey, à New-Brunswick.

Cope (Edward), paléontologiste du *Geological Survey* des États-Unis, Pine street, 2100, à Philadelphie.

Coxe (Eckley-B.), ingénieur des mines, président (pour 1879) de l'Institut américain des ingénieurs des mines, M. S. G., à Philadelphie.

Hall (James), *Chief Geologist*, directeur du Musée d'histoire naturelle, M. S. G., à Albany.

Hanks (G.-Henry), président de la Société géologique de Californie, à San Francisco.

Lesley (Peters), professeur de géologie à l'Université, Clinton street, 1008, à Philadelphie.

FRANCE.

Société géologique de France, à Paris.

Société géologique du Nord, à Lille.

Société géologique de Normandie, rue Bernardin-de-Saint-Pierre, 1, au Havre (Seine-Inférieure).

Société d'émulation du Doubs, à Besançon.

Société d'histoire naturelle de Toulouse (Haute-Garonne).

MM. Aguillon, ingénieur des mines, M. S. G., rue Neuve-des-Mathurins, 47, à Paris.

Arnaud (H.), avocat, M. S. G., rue Froide, 23, à Angoulême (Charente).

Ault-Dumesnil (d'), M. S. G., rue de l'Eauette, 1, à Abbeville (Somme).

Bardon, M. S. G., rue Saint-Lazare, 45, à Paris.

Barrande (J.), M. S. G., rue de l'Odéon, 22, à Paris; et Kleinseite, Choteksgasse, 419, à Prague (Bohême).

Barrois (Ch.), docteur ès sciences naturelles, M. S. G., rue Rousselle, 37, à Lille (Nord).

Bazille (Louis), M. S. G., à Montpellier (Hérault).

Beaudouin (Jules), M. S. G., à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).

Beaussier (André de), au château de Chintrey, près Mâcon (Saône-et-Loire).

MM. Benoit (Émile), M. S. G., rue du Faubourg-Saint-Martin, 188, à Paris.
Bergeron, préparateur adjoint de géologie à la Sorbonne, M. S. G., rue Saint-Lazare, 75, à Paris.
Berson (Eugène), M. S. G., à Meulan (Seine-et-Oise).
Berthelin (G.), M. S. G., à Courtenot (Aube).
Bertrand (Marcel), ingénieur des mines, M. S. G., rue Saint-Guillaume, 29, à Paris.
Bezançon (Alphonse), docteur en médecine, M. S. G., rue de Tournon, 29, à Paris.
Billon, architecte, M. S. G., rue de la Sorbonne, 2, à Paris.
Bimard (Auguste), M. S. G., à Montpellier (Hérault).
Bioche (Alph.), M. S. G., rue de Rennes, 57, à Paris.
Blandet, docteur en médecine, M. S. G., rue Sainte-Catherine-d'Enfer, 6, à Paris.
Bleicher, professeur d'histoire naturelle à l'École supérieure de pharmacie, M. S. G., rue Jeanne-d'Arc, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
Blot (l'abbé), missionnaire apostolique, M. S. G., avenue de Messine, 23, à Paris.
Bonneville (Marcel), avocat, M. S. G., rue du Collège, 2, à Auxerre (Yonne).
Bontemps, rue de Lille, 12, à Paris.
Bréon (Eugène), M. S. G., à Semur (Côte-d'Or).
Bretenières (l'abbé Christian de), M. S. G., rue Vannerie, 41, à Dijon (Côte-d'Or).
Breton, chef de section au chemin de fer de l'Est, M. S. G., à Bar-sur-Aube (Aube).
Brocchi (Paul), docteur en médecine, M. S. G., à Sèvres (Seine-et-Oise).
Brolemann (Henry), M. S. G., rue Marignan, 22, à Paris.
Bureau (Édouard), professeur au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., quai de Béthune, 24, à Paris.
Bureau (Louis), chef des travaux anatomiques à l'École de médecine, à Nantes (Loire-Inférieure).
Buvignier (Armand), ingénieur civil, M. S. G., à Verdun (Meuse).
Cairol, professeur de géologie à l'Université catholique, M. S. G., rue de Condé, 39, à Lyon (Rhône).
Carez (L.-L.-H.), M. S. G., rue Pigalle, 21, à Paris.
Carnot (Adolphe), ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, boulevard Saint-Michel, 60, à Paris.
Cartailhac (E.), délégué de la Société d'histoire naturelle de Toulouse, directeur des *Matériaux pour l'histoire primitive de l'homme*, rue de la Chaîne, 5, à Toulouse (Haute-Garonne).
Cazalis de Fondouce (Paul), M. S. G., rue des Étuves, à Montpellier (Hérault).
Chancourtois (B. de), ingénieur en chef des mines, professeur de géologie à l'École des mines, M. S. G., rue de l'Université, 10, à Paris.

MM. Chantre (Ernest), M. S. G., cours Morand, 37, à Lyon (Rhône).
Chatin, membre de l'Institut, directeur de l'École supérieure de pharmacie, M. S. G., rue de Rennes, 129, à Paris.
Chouquet (E.), à Moret (Seine-et-Marne).
Cloez, examinateur à l'École polytechnique, M. S. G., rue Linné, 7, à Paris.
Collenot (J.-J.), ancien notaire, M. S. G., à Semur (Côte-d'Or).
Collot (L.), agrégé à l'École de pharmacie, M. S. G., à Montpellier (Hérault).
Comte (Ad.), secrétaire de l'Association du chemin de fer sous-marin, rue de Provence, 48, à Paris.
Cornuel, avocat, M. S. G., à Wassy-sur-Blaise (Haute-Marne).
Cossigny (Charpentier de), ingénieur civil, M. S. G., à Courcelles, par Saint-Parres-les-Vaudes (Aube).
Cotteau (Gust.), juge honoraire au tribunal civil, M. S. G., à Auxerre (Yonne), et boulevard Saint-Michel, 36, à Paris.
Dagincourt, M. S. G., rue de Condé, 20, à Paris.
Damour, membre de l'Institut, M. S. G., rue de la Ferme-des-Mathurins, 10, à Paris.
Danglure, M. S. G., avenue de Saint-Germain, 43, à Puteaux (Seine).
Danton, ingénieur civil des mines, M. S. G., à Saumur (Maine-et-Loire).
Daubrée (A.), membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines, professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., boulevard Saint-Michel, 62, à Paris.
Davy (L.), ingénieur et directeur des mines, M. S. G., à Segré (Maine-et-Loire).
Delaire (Alexis), M. S. G., boulevard Saint-Germain, 135, à Paris.
Delatour (Albert), M. S. G., à Brienne-Napoléon (Aube).
Delbos (Joseph), professeur à la Faculté des sciences, M. S. G., rue du Point-du-Jour, 7, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
Delesse, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, professeur à l'École normale et à l'École des mines, M. S. G., rue de Madame, 59, à Paris.
Delille (François), M. S. G., rue de Rennes, 129, à Paris.
Deloisy, employé au chemin de fer de l'Est, M. S. G., à Bar-sur-Aube (Aube).
Depierres, avocat, M. S. G., à Lure (Haute-Saône).
Depontaillier, M. S. G., rue de Castellane, 4, à Paris.
Des Cloizeaux, membre de l'Institut, professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue de Monsieur, 13, à Paris.
Deslongchamps (Eug.-Eudes), professeur à la Faculté des sciences, à Caen (Calvados).
Desnoyers (Jules), membre de l'Institut, bibliothécaire du Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue Cuvier, 57, à Paris.
Didelot (Léon), préparateur à la Faculté des sciences, M. S. G., Grande-Rue, 3, à Grenoble (Isère).

MM. Dieulafait, professeur à la Faculté des sciences, M. S. G., allée de Meilhan, 54, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Dolfuss (Gust.), M. S. G., rue de Chabrol, 45, à Paris.
Douvillé (H.), ingénieur des mines, M. S. G., rue du Bac, 3, à Paris.
Dru (Léon), ingénieur civil, M. S. G., rue Rochechouart, 69, à Paris.
Duchêne (l'abbé E.), supérieur du petit séminaire, M. S. G., à Autun (Saône-et-Loire).
Dueil (André), M. S. G., à Aÿ (Marne).
Fabre (Georges), sous-inspecteur des forêts, M. S. G., rue Sainte-Barbe, 5, à Alais (Gard).
Falsan (Albert), M. S. G., à Collonges-sur-Saône, près Lyon (Rhône).
Farge (Dr), directeur de l'École secondaire de médecine, M. S. G., à Angers (Maine-et-Loire).
Faucheux (Jules), rue Brocherie, 12, à Grenoble (Isère).
Ferrand de Missol, M. S. G., rue de Rennes, 115, à Paris.
Fischer (Dr), aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue des Écoles, 42, à Paris.
Flamare (de), archiviste du département, M. S. G., à Nice (Alpes-Maritimes).
Flottes (Léon), M. S. G., Grande-Rue-de-Nazareth, 14, à Toulouse (Haute-Garonne).
Fontannes (F.), M. S. G., rue de Lyon, 4, à Lyon (Rhône).
Fougeroux (Albert de), M. S. G., rue de la Bretonnerie, 64, à Orléans (Loiret).
Fouqué, professeur au Collège de France, M. S. G., rue Humboldt, 23, à Paris.
Friedel, membre de l'Institut, professeur de minéralogie à la Faculté des sciences, M. S. G., boulevard Saint-Michel, 60, à Paris.
Fuchs (Edmond), ingénieur des mines, professeur à l'École des mines, M. S. G., rue des Beaux-Arts, 5, à Paris.
Galichon (Roger), à Charnay, près Mâcon (Saône-et-Loire).
Gannes (Ch.-D. de), ingénieur civil des mines, M. S. G., à Bellevue (Seine-et-Oise).
Garnier (Aug.), inspecteur des forêts, M. S. G., à Valence-sur-Rhône (Drôme).
Garrigou (Dr), M. S. G., rue Valade, 28, à Toulouse (Haute-Garonne).
Gaudry (Albert), professeur au Muséum, président de la Société géologique (pour 1878), rue des Saints-Pères, 7 *bis*, à Paris.
Gervais (P.), membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue Rollin, 11, à Paris.
Gervais (Henri), rue Rollin, 11, à Paris.
Giard (Alfred), professeur à la Faculté des sciences, rue Colbert, 37, à Lille (Nord).
Gillot (Auguste), M. S. G., avenue de Villiers, 101, à Paris.
Gosselet, professeur à la Faculté des sciences, directeur de la Société géologique du Nord, M. S. G., rue d'Antin, 18, à Lille (Nord).
Grand, receveur de l'Enregistrement, M. S. G., à Uzès (Gard).

MM. Gruner (L.), inspecteur général des mines, M. S. G., rue d'Assas, 84, à Paris.

Guerne (de), préparateur à la Faculté des sciences, à Lille (Nord).

Guillemin-Tarayre, ingénieur civil des mines, M. S. G., rue Saint-Placide, 40, à Paris.

Guyerdet (A.), conservateur de la collection géologique de l'École des mines, M. S. G., rue Gay-Lussac, 16, à Paris.

Guyot, inspecteur divisionnaire des Télégraphes, M. S. G., à Lyon (Rhône).

Haguette (Dr), M. S. G., rue Compoise, 20, à Saint-Denis (Seine).

Hébert (Ed.), membre de l'Institut, professeur de géologie à la Sorbonne, M. S. G., rue Garancière, 10, à Paris.

Hermite, professeur de géologie à l'Université libre, M. S. G., Petite-Rue-Volney, 17, à Angers (Maine-et-Loire).

Hollande, professeur au lycée, M. S. G., à Chambéry (Savoie).

Huguenin, négociant, M. S. G., à Valence (Drôme).

Jacomel (de), administrateur de la Société des mines de Sainte-Cécile-d'Andorge (Gard), M. S. G., à Communay, par Saint-Symphorien-d'Ozon (Isère).

Jacquot, inspecteur général des mines, directeur du service de la Carte géologique de France, M. S. G., rue de Monceau, 83, à Paris.

Jannettaz (Édouard), aide-naturaliste au Muséum, sous-directeur à l'École des hautes études, M. S. G., rue Linné, 9, à Paris.

Janvrin (James), M. S. G., rue de Valois, 35, à Paris.

Jaquiné, inspecteur général des ponts et chaussées, M. S. G., place Carrière, 10, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Julien (Alphonse), professeur de géologie et de minéralogie à la Faculté des sciences, M. S. G., à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

Lambert (Jules), M. S. G., à Sens (Yonne).

Lamothe (L.-J.-B. de), capitaine d'artillerie, M. S. G., à Grenoble (Isère).

La Moussaye (le comte Gustave de), M. S. G., rue des Écoles, 46, à Paris.

Lantier, rue Lafayette, 138, à Paris.

Lapparent (A. de), ingénieur des mines, professeur de géologie et de minéralogie à l'Université catholique, M. S. G., rue de Tilsitt, 3, à Paris.

Lartet (L.), professeur à la Faculté des sciences, M. S. G., rue du Pont-de-Tounis, 14, à Toulouse (Haute-Garonne).

Lebesconte, pharmacien, M. S. G., place du Bas-des-Lices, 15, à Rennes (Ille-et-Vilaine).

Lecoz, ingénieur civil, M. S. G., à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).

Léenhardt (Franz), professeur à la Faculté de théologie, M. S. G., rue Porte-du-Moustier, 3, à Montauban (Tarn-et-Garonne).

Lefèvre (Ambroise), M. S. G., quai des Grands-Augustins, 47, à Paris.

Le Guillou (Dr Élie), M. S. G., avenue des Ternes, 63, à Paris.

Le Marchand (Auguste), ingénieur civil, M. S. G., rue Traversière, 2, aux Chartreux, à Rouen (Seine-Inférieure).

Le Mesle (Georges), à Blois (Loir-et-Cher).

MM. Lennier, directeur du Musée d'histoire naturelle, au Havre (Seine-Inférieure).

Leras, ancien inspecteur d'Académie, M. S. G., chaussée de la Muette, 9, à Paris-Passy.

Lez (Achille), conducteur des ponts et chaussées, M. S. G., à Lorrez-le-Bocage (Seine-et-Marne).

Linder, ingénieur en chef des mines, M. S. G., à Alais (Gard).

Lisbonne, ingénieur de la marine, rue du Faubourg Saint-Honoré, 168, à Paris.

Lodin, ingénieur des mines, à Caen (Calvados).

Lory (Ch.), correspondant de l'Institut, doyen de la Faculté des sciences, M. S. G., à Grenoble (Isère).

Lykiardopoulo (J.), M. S. G., rue des Écoles, 32, à Paris.

Malafosse (G. de), M. S. G., Grande-Rue-de-Nazareth, 13, à Toulouse (Haute-Garonne).

Mallard, ingénieur en chef des mines, professeur de minéralogie à l'École des mines, M. S. G., rue de Médicis, 11, à Paris.

Marcou (Jules), M. S. G., à Salins (Jura).

Marès (Dr), M. S. G., rue Jacob, 28, à Paris.

Margerie (E. de), M. S. G., rue de Grenelle-Saint-Germain, 132, à Paris.

Mariot (Camille), rue Davy, 18, à Paris.

Matheron (Philippe), ingénieur civil, M. S. G., boulevard Notre-Dame, 86, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Meugy, inspecteur général des mines, M. S. G., rue de Madame, 75, à Paris.

Meunier (Stanislas), aide-naturaliste au Muséum, rue Monge, 17, à Paris.

Michaux (M.-A.), M. S. G., à Bonnières (Seine-et-Oise), et rue de Londres, 58, à Paris.

Michel (Léopold), ingénieur civil, M. S. G., avenue des Gobelins, 30, à Paris.

Michel-Lévy (M.), ingénieur des mines, M. S. G., rue d'Aumale, 22, à Paris.

Milne-Edwards (A.), professeur de mammalogie au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue Cuvier, 57, à Paris.

Monnerot, directeur de la Compagnie d'assurances *la Nationale*, M. S. G., rue de Châteaudun, 57, à Paris.

Moreau (Alb.), ingénieur civil, M. S. G., rue de Seine, 6, à Paris.

Morière, professeur à la Faculté des sciences, M. S. G., à Caen (Calvados).

Mortillet (G. de), professeur à l'Institut anthropologique, attaché au Musée archéologique, M. S. G., au château de Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).

Munier-Chalmas, préparateur de géologie à la Sorbonne, M. S. G., à Paris.

Paris (Dr), M. S. G., rue de la Tour-d'Auvergne, 41, à Paris.

Parran, ingénieur des mines, M. S. G., rue du Regard, 3, à Paris.

Pellat (Ed.), M. S. G., rue de Vaugirard, 75, à Paris.

Peron (Alp.), sous-intendant militaire, M. S. G., à Reims (Marne).

Piette (Édouard), juge de paix, M. S. G., à Craonne (Aisne).

MM. Pillet (L.), avocat, M. S. G., à Chambéry (Savoie).
Pisani, M. S. G., rue Furstemberg, 8, à Paris.
Potier, ingénieur des mines, M. S. G., rue de Boulogne, 1, à Paris.
Puel (Dr Timothée), M. S. G., boulevard Beaumarchais, 73, à Paris.
Rames (B.), pharmacien, M. S. G., à Aurillac (Cantal).
Ramond, M. S. G., rue des Écoles, 38, à Paris.
Reboux, rue Montenotte, 3, à Paris.
Riaz Audra (de), banquier, M. S. G., quai de Retz, 10, à Lyon (Rhône).
Ricard, rue d'Assas, 20, à Paris.
Richard (l'abbé), professeur au séminaire, M. S. G., à Montlieu (Charente-Inférieure).
Rolland (Georges), ingénieur des mines, quai Voltaire, 23, à Paris.
Roman (Léon), ingénieur civil, M. S. G., rue Saint-Georges, 18, à Paris.
Rosemont (de Chambrun de), M. S. G., avenue de la Gare, 6, à Nice (Alpes-Maritimes).
Rouault (Marie), conservateur du Musée géologique, M. S. G., faubourg de Brest, 4, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
Rouville (Paul de), professeur de géologie à la Faculté des sciences, M. S. G., à Montpellier (Hérault).
Royer (E.), maître de forges, M. S. G., à Cirey-sur-Blaise (Haute-Marne).
Roys (le marquis de), M. S. G., rue du Bac, 93, à Paris.
Saporta (le comte de), correspondant de l'Institut, M. S. G., à Aix, (Bouches-du-Rhône).
Sautier, chef de bataillon du génie en retraite, M. S. G., à Vesoul (Haute-Saône).
Sauvage (Dr H.-E.), aide-naturaliste au Muséum, M. S. G., rue Monge, 2, à Paris.
Serre (le comte G. de), M. S. G., rue Las-Cases, 8, à Paris.
Sirodot, doyen de la Faculté des sciences, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
Soulier (l'abbé), M. S. G., à Vesc, par Dieulefit (Drôme).
Tardy, M. S. G., rue des Cordeliers, 6, à Bourg-en-Bresse (Ain).
Thomas (Dr), M. S. G., à Gaillac (Tarn).
Torcapel, ingénieur de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, M. S. G., à Privas (Ardèche).
Tournouër (R.), M. S. G., rue de Lille, 43, à Paris.
Tromelin (Gaston de), M. S. G., château de Rosulien-en-Plomelin, près Quimper (Finistère).
Vaillant, professeur d'herpétologie au Muséum d'histoire naturelle, M. S. G., rue de Médicis, 9, à Paris.
Vasseur (Gaston), M. S. G., boulevard de Magenta, 95, à Paris.
Vélain (Ch.), maître de conférences à l'École des hautes études, section de géologie, M. S. G., boulevard Saint-Germain, 50, à Paris.
Vié (Léonce), M. S. G., à Sigean (Aude).
Virlet d'Aoust, ingénieur civil, M. S. G., rue Blanche, 83, à Paris.
Wuhrer, graveur, M. S. G., rue de l'Abbé-de-l'Épée, 4, à Paris.
Zylof, colonel d'artillerie, M. S. G., rue de Madame, 68, à Paris.

GRANDE-BRETAGNE.

MM. Davidson (Th.), F. R. S., M. S. G., Léopold road, à Brighton.
Prestwich, professeur de géologie à l'Université, F. R. S., M. S. G., Broad street, 34, à Oxford.
Stirrup (Mark), Atkinson street, 14, Deansgate, à Manchester.

INDE ANGLAISE.

MM. Blanford (W.-T.), du *Geological Survey of India*, F. R. S., Hastings street, à Calcutta.
Medlicott (H. B.), directeur du *Geological Survey of India*, F. R. S., Hastings street, à Calcutta.

ITALIE.

MM. Bassani (Dr François), M. S. G., rue Gigantessa, 31, à Padoue.
Bellotti (Dr Christophe), à Milan.
Botti (Ulderigo), conseiller de préfecture, M. S. G., à Lecce (Terre d'Otrante).
Capellini (Giovani), professeur de géologie, directeur du Musée de l'Université, M. S. G., à Bologne.
Demarchi, ingénieur des mines, via Firenze, 11, à Rome.
Giordano, inspecteur général au Corps royal des mines, à Rome.
Meneghini, professeur de géologie à l'Université, M. S. G., à Pise.
Molon (Dr François), M. S. G., via della Pozza, 915, à Vicence.
Omboni, professeur de géologie et de minéralogie à l'Université, M. S. G., à Padoue.
Pirona (Giulio-Andrea), professeur au lycée royal, délégué de l'Institut royal vénitien des sciences, M. S. G., à Udine.
Seguenza (J.), professeur d'histoire naturelle au lycée, M. S. G., à Messine.
Sella (Quintino), ancien ministre, député au Parlement, président de l'Académie royale des *Lincei*, ingénieur des mines, à Rome.
Stefani (C. de), professeur à l'Université, à Pise.
Uzielli (Gustave), professeur de minéralogie et de géologie à l'Université, à Modène.
Zienkowicz (V.), ingénieur civil, M. S. G., corso Venezia, 11, à Milan.

MEXIQUE.

M. Castillo (Antonio del), sous-directeur de l'École des mines, M. S. G., Mineria, 15, à Mexico.

PAYS-BAS.

M. Baumhauer (Dr E.-H. de), secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des sciences, à Harlem.

MM. Ubaghs (C.), naturaliste, à Maestricht.
Winkler (Dr F.-C.), conservateur au Musée Teyler, à Harlem.

PORTUGAL.

M. Ribeiro (C.), colonel d'artillerie, chef de la Section des travaux géologiques du Portugal, M. S. G., à Lisbonne.

ROUMANIE.

MM. Bottea (Constantin), ingénieur des mines, professeur à l'École des ponts et chaussées, à Bucharest.
Likiardopoulo (Jean), aide-naturaliste au Musée d'histoire naturelle, à Bucharest.
Pilidi (C.), ingénieur des mines, à Bucharest.
Radovano (Démétrius), professeur d'histoire naturelle au séminaire, à Râmnicouvalei.
Robesco (Constantin-F.), professeur d'histoire naturelle au lycée Mathieu Basaralea, à Bucharest.
Saicaro (Basil), directeur du lycée Mathieu Basaralea, à Bucharest.
Sihleano (Stefan), professeur d'histoire naturelle, à Bucharest.
Stéphanesco (Greg.), professeur de géologie à l'Université, M. S. G., à Bucharest.
Stravolea, docteur ès sciences, à Bucharest.

RUSSIE.

MM. Golstein, secrétaire de la Société d'anthropologie de Pologne, à Varsovie.
Inostranzeff (Alexandre), professeur de géologie à l'Université, à Saint-Pétersbourg.
Kokscharow (le général Nicolas), membre de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, correspondant de l'Institut de France, directeur de l'Institut des mines, à Saint-Pétersbourg.
Kousnetsoff, à Saint-Pétersbourg.
Moeller (Val. de), professeur de paléontologie à l'Institut des mines, M. S. G., à Saint-Pétersbourg.
Trautschold, professeur à l'Académie de Petrowski, M. S. G., à Moscou.
Zawiska (Ian), archéologue, à Varsovie.

SUÈDE ET NORVÈGE.

MM. Erdmann (Ed.), au Bureau géologique de Stockholm.
Helland (Amund), professeur adjoint à l'Université, à Christiania.
Lindström (G.), assistant au Musée minéralogique de l'Académie des sciences, à Stockholm.
Lundgren (Bern.), professeur extraordinaire de géologie à l'Université de Lund, M. S. G., à Lund.

MM. Paykull (Dr S.-R.).
Taube (le comte Henning A.), membre et délégué de l'Académie des sciences de Suède.
Torell (Otto), directeur du Bureau géologique de la Suède, à Stockholm.
Wetterdal (G.-L.), ingénieur des mines, à Falun.

SUISSE.

MM. Choffat (Paul), professeur agrégé à l'École polytechnique, M. S. G., Hottingerstrasse, 21, Neumünster, à Zurich.
Favre (Alphonse), professeur de géologie à l'Académie, M. S. G., rue des Granges, 6, à Genève.
Favre (Ernest), M. S. G., rue des Granges, 6, à Genève.
Goll (Hermann), attaché au musée de l'Académie, à Lausanne.
Jaccard (Aug.), professeur de géologie à l'Académie de Neuchâtel, au Locle.
Loriol (P. de), M. S. G., à Frontenex, près Genève.
Lyon (Max), ingénieur, à Zurich.
Mayer (Ch.), professeur à l'Université, M. S. G., Thalstrasse, 20, à Zurich-Hottingen.
Renevier, professeur de géologie à l'Académie, M. S. G., à Hautecombe, près Lausanne.
Tribolet (Maurice de), professeur à l'Académie, M. S. G., à Neuchâtel.

DÉLÉGATIONS.

MM. Dupont, directeur du Musée royal d'histoire naturelle et du service de la Carte géologique de Belgique, délégué du Gouvernement belge.
Malaise, membre délégué de l'Académie royale de Belgique.
Pirona (de), délégué de l'Institut royal vénitien des sciences.
Helland, professeur adjoint à l'Université de Christiania, délégué du Gouvernement norvégien.
Lundgren, professeur de géologie à l'Université de Lund, délégué du Gouvernement suédois.
Taube (le comte Henning A.), membre et délégué de l'Académie des sciences de Suède.
Cartailhac, délégué de la Société d'histoire naturelle de Toulouse.

COMPOSITION DU BUREAU DU CONGRÈS.

Président :

M. Hébert, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

Vice-Présidents :

Angleterre : M. Davidson, de la Société royale de Londres.

Australie : M. Liversidge, professeur à l'Université de Sydney.

Belgique : M. de Koninck, professeur à l'Université de Liège.

Canada : M. Th.-Sterry Hunt, membre de la Commission géologique du Canada.

Danemark : M. Johnstrupp, professeur à l'Université de Copenhague.

Espagne : M. Vilanova, professeur à l'Université de Madrid.

États-Unis : MM. J. Hall, directeur du Musée d'histoire naturelle de l'État de New-York; P. Lesley, professeur de géologie à l'Université de Philadelphie.

France : MM. Daubrée, membre de l'Institut, directeur de l'École des mines; A. Gaudry, professeur au Muséum d'histoire naturelle.

Hongrie : M. Szabo, professeur à l'Université de Budapest.

Italie : M. Capellini, professeur à l'Université de Bologne.

Pays-Bas : M. de Baumhauer, secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des sciences de Harlem.

Portugal : M. le colonel Ribeiro, chef de la Section géologique du Portugal.

Roumanie : M. Stéphanesco, professeur à l'Université de Bucharest.

Russie : M. de Moeller, professeur à l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg.

Suède et Norvège : M. Torell, directeur du Bureau géologique de Suède.

Suisse : M. A. Favre, professeur à l'Académie de Genève.

Secrétaire général :

M. Jannettaz, ancien président de la Société géologique de France.

Secrétaires :

MM. Brocchi, secrétaire de la Société géologique.
Delaire, ancien élève de l'École polytechnique, ancien secrétaire de la Société géologique.
Sauvage, ancien vice-président de la Société géologique.
Vélain, ancien secrétaire de la Société géologique.

Trésorier :

M. A. Bioche, trésorier de la Société géologique.

SÉANCE D'OUVERTURE, LE JEUDI 29 AOÛT 1878.

PRÉSIDENCE DE M. BARDOUX,

MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE, DES CULTES ET DES BEAUX-ARTS,

Assisté de MM. DE BAUMHAUER, CAPELLINI, DAUBRÉE, A. FAVRE, GAUDRY, James HALL, HÉBERT, Sterry HUNT et O. TORELL.

SOMMAIRE. — Allocution de M. le Président du Comité d'organisation. — Allocution de M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts. — Compte rendu des travaux du Comité d'organisation par M. le Secrétaire général. — Élection du Bureau du Congrès; nomination de M. Liversidge comme vice-président pour l'Australie. — Représentation et coordination des faits d'alignement (failles et filons). — COMMUNICATIONS: ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LES DÉFORMATIONS ET LES CASSURES DE L'ÉCORCE TERRESTRE, par M. Daubrée. — ÉTUDES SUR LES FAILLES DE LA RÉGION OCCIDENTALE DU MORVAN, par MM. Michel Lévy et Vélain. — EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DES REFOULEMENTS OU ÉCRASEMENTS LATÉRAUX EN GÉOLOGIE, par M. A. Favre. — OBSERVATIONS SUR LA STRUCTURE DES ALPES, par M. Lory. — ÉTUDE DES ALIGNEMENTS OROGRAPHIQUES, HYDROGRAPHIQUES ET STRATIGRAPHIQUES, par M. de Chancourtois. — OBSERVATIONS SUR LES PLISSEMENTS DE LA CRAIE ENTRE LA FRANCE ET L'ANGLETERRE, À PROPOS DU CHEMIN DE FER SOUS-MARIN, par M. de Lapparent. — OBSERVATIONS SUR LA RÉPÉTITION DES MÊMES MOUVEMENTS DU SOL À DE LONGS INTERVALLES, par M. Ch. Barrois. — OBSERVATIONS SUR LA DIMINUTION DES SOURCES ET DES RIVIÈRES, par M. l'abbé Richard.

La séance est ouverte à trois heures et quart [1].

M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE, DES CULTES ET DES BEAUX-ARTS, *président*. La parole est à M. Hébert, président du Comité d'organisation.

M. HÉBERT. Messieurs, c'est un bien grand honneur pour moi d'avoir à souhaiter la bienvenue à des hommes comme ceux qui composent cette assemblée.

Au milieu des nombreux et fervents adeptes des sciences géologiques qui nous entourent, j'aperçois ici les représentants les plus illustres de ces sciences dans toutes les parties du globe; ceux qui leur ont imprimé l'impulsion la plus énergique, et dont la présence mériterait d'être saluée par une voix plus éloquente que la mienne.

Jamais on ne vit réunis en si grand nombre les savants auxquels la

[1] Conformément à la décision du Conseil, les membres du Congrès, à leur entrée dans la salle, étaient appelés à émettre leur vote pour la composition du Bureau.

géologie, la paléontologie et la minéralogie doivent les immenses progrès que ces sciences ont accomplis dans ce siècle.

Les géologues français sont heureux de pouvoir enfin serrer la main de ceux dont ils n'avaient pu jusqu'ici qu'admirer les travaux; et M. le Ministre de l'instruction publique, en venant présider notre séance d'ouverture, atteste par sa présence que la France intellectuelle tout entière, dont il est le digne représentant, s'associe aux sentiments sympathiques des géologues pour leurs nobles visiteurs. Par cette démarche, dont nous ne saurions trop le remercier, M. le Ministre, que nous sommes habitués de voir à la tête de toutes les œuvres de progrès, prête à votre Comité un puissant concours.

L'initiative de ce Congrès, vous le savez, n'est point due à la France. Quelques voix autorisées s'étaient élevées pour en proclamer la nécessité, mais c'est à nos éminents collègues réunis en 1876 à Philadelphie, qu'il faut en reporter tout le mérite.

La Société géologique de France, en recevant et en acceptant la mission de préparer cette importante réunion, a délégué cette tâche à un Comité qui a déployé le plus grand zèle pour remplir le mandat dont il était investi.

M. le Secrétaire général du Comité vous dira tout à l'heure les moyens de publicité que nous avons employés. Plus de quatre mille circulaires ont été expédiées dans le monde entier, à toutes les sociétés savantes où nous avons trouvé trace de travaux géologiques; et si quelque omission peut être signalée, nous pouvons certifier qu'elle n'est due qu'à un manque d'informations suffisantes.

Nous avons donc fait de notre mieux, autant que le permettait le peu de temps et de ressources dont nous pouvions disposer. Sans doute, nous sommes restés bien au-dessous de ce que méritait le concours d'un si grand nombre d'hommes illustres. Mais leur présence seule ici n'est-elle pas la récompense de nos efforts, et la garantie du succès de notre entreprise?

C'est donc aujourd'hui devant un auditoire d'une autorité qui dépasse tout ce que nous pouvions désirer, que seront discutées les hautes questions que renferme notre programme.

Ce qui a dominé dans les motifs qui ont fait décider la réunion de ce Congrès, c'est le besoin, senti par tous, d'une entente commune au sujet de la classification et de la nomenclature géologiques.

Notre science est si nouvelle, que son nom, par une omission que nous ne pouvons nous empêcher de trouver un peu étrange, ne figure même pas encore dans la liste des sciences représentées à notre Académie des sciences.

Cependant les recherches patientes et suivies auxquelles de toutes parts ses adeptes se sont livrés avec une ardeur que rien ne dépasse, l'ont portée

rapidement à une hauteur telle que, depuis longtemps déjà, la géologie est devenue, sans aucun doute, l'une des plus belles manifestations de l'intelligence humaine.

Ce n'est pas moi qui aurais le droit de formuler un pareil jugement, ce n'est pas non plus aucun des géologues mes confrères, quelque éminent qu'il soit; nous pourrions être suspectés de partialité. Mais il y a vingt-cinq ans, une des gloires de notre pays, un illustre chimiste, ayant à appeler l'attention du Gouvernement et de la jeunesse des écoles sur la nécessité d'introduire dans l'enseignement secondaire plus d'éléments scientifiques, ne trouvait rien de plus frappant à citer à son auditoire que les conquêtes de la géologie.

C'est encore à la géologie et à la paléontologie que s'adresse aujourd'hui [1] le président du jury de l'une des classes de l'Exposition, celle dont les attributions embrassent surtout les choses de l'intelligence. Ce n'est point un des nôtres qui rend à notre science un magnifique hommage; c'est un des maîtres les plus autorisés des sciences zoologiques, « qui trouve dans la paléontologie une source inépuisable de poésie, et dont l'esprit reste confondu à la vue du vaste champ ouvert à l'imagination ».

La géologie peut donc être considérée comme l'égale des autres sciences les mieux établies.

Aucune des sciences physiques et naturelles, qui toutes contribuent à son développement, n'est assise sur des procédés plus exacts d'observation, sur des déductions plus logiques et plus rigoureuses.

Le grand nombre de travailleurs qui passent leur vie à observer, à décrire, à publier, est tel, que les faits nouveaux s'accumulent d'une façon prodigieuse; et nous pouvons dire avec fierté que notre science est une de celles qui réalisent les progrès les plus rapides, et dont les bases fondamentales, loin d'être ébranlées par les découvertes nouvelles, en reçoivent chaque jour une merveilleuse confirmation.

Dans chaque pays, on a établi une classification et une nomenclature basées sur des types locaux. Sans doute, le savant qui veut, ou le professeur qui doit embrasser l'ensemble de la science, reconnaît bientôt que toutes les connaissances acquises peuvent être classées dans un même cadre. Mais le débutant, l'élève, le public qui s'intéresse à ces études si attrayantes par elles-mêmes, se heurtent contre des difficultés, des obscurités sans cesse renouvelées, et la géologie ne se popularise pas comme elle devrait le faire; elle reste une science d'*initiés*, parce qu'elle ne présente point encore dans son langage ce caractère général que possèdent les autres sciences, et qui en facilite singulièrement l'étude.

C'est précisément pour combler cette lacune que vous vous êtes réunis.

[1] *Bulletin de l'Association scientifique*, numéro du 18 août 1878.

La science n'est d'aucune nation; il ne peut y avoir entre nous d'autre rivalité que celle qui résulte de la poursuite de la vérité.

Pour atteindre notre but, nous aurons certainement à surmonter de grands obtacles, de nombreuses difficultés, et ces difficultés ne sont pas toutes de nature à être levées par un Congrès. On ne saurait ici invoquer la loi du nombre : nulle majorité ne saurait imposer des convictions que le sentiment du vrai peut seul amener. Cependant, de l'échange des idées, de la discussion des faits et des opinions, résultera nécessairement, pour les amis de la vérité, une salutaire influence ; et des réformes spontanées pourront être la conséquence de nos réunions.

Je ne veux point prolonger ces réflexions. Les communications que vous avez à entendre sont nombreuses : je vous prendrais un temps trop précieux, et je laisse à M. le Secrétaire général le soin de vous donner connaissance des mesures prises par le Comité d'organisation.

M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts, *président*. Messieurs, avant de donner la parole à M. le Secrétaire général pour la communication qu'il a à vous faire, permettez-moi de remercier votre honorable Président des sentiments qu'il a bien voulu exprimer au Ministre de l'instruction publique.

M. Hébert a résumé admirablement les vœux que nous formons pour qu'un pas nouveau soit fait dans la connaissance des vérités scientifiques. En remerciant votre Président, un des savants qui honorent l'Institut, bien qu'il n'y ait pas encore une section de géologie, je vous remercie également, Messieurs, des témoignages d'estime que vous avez bien voulu me manifester. (Applaudissements.) Je vous souhaite la bienvenue.

La parole est à M. le Secrétaire général.

M. Jannettaz. Messieurs, la fonction de secrétaire général, que le Comité d'organisation m'a fait l'honneur de me confier, m'impose le devoir de vous expliquer ses diverses résolutions et ses actes successifs.

Je ne puis le faire sans exposer, au moins en peu de mots, la situation qu'il trouva au moment où il fut constitué.

Dans plusieurs réunions solennelles, dans plusieurs publications appréciées, d'éminents professeurs, M. Capellini, de Bologne, M. Vilanova, de Madrid, avaient montré l'urgence d'un Congrès général des géologues.

C'est à Buffalo, comme M. le Président vient de nous le dire, c'est à la suite de l'Exposition de Philadelphie, que des savants de nationalités diverses, et d'une grande illustration dans l'histoire de la géologie contemporaine, s'entendirent pour instituer le premier Congrès géologique international; d'un accord unanime, ils pensèrent que ce Congrès pourrait avoir lieu à Paris, pendant la durée de notre Exposition universelle.

Ils créèrent, en conséquence, un comité, auquel nous avons donné en France la dénomination de *Comité fondateur de Philadelphie*, pour rappeler à la

fois son initiative et l'Exposition de la noble cité américaine, qui en avait été le point de départ.

Le Comité fondateur avait élu M. James Hall comme président, M. T. Sterry Hunt comme secrétaire. Il fit connaître son projet aux savants du monde entier, et il demanda l'année dernière au Président de la Société géologique de France, M. Tournouër, de prendre les mesures qu'il jugerait nécessaires au succès de cette grande et heureuse conception.

M. Tournouër convoqua le Conseil de la Société géologique. Le Conseil forma à Paris un *Comité d'organisation*, où il appela d'abord les anciens présidents de la Société; puis, comme les questions à débattre en géologie exigent souvent des connaissances très profondes sur les sujets les plus divers de la zoologie ou de la botanique, il pria de faire partie du Comité les membres de l'Institut qui siègent à l'Académie des sciences, dans les sections correspondantes, et les professeurs des chaires importantes d'histoire naturelle de Paris, que les travaux de l'Académie ou de l'enseignement empêchent trop souvent d'accepter des fonctions dans notre Société, mais qui n'en prennent pas moins une part bien utile à nos travaux et à nos publications.

Le Comité d'organisation était définitivement constitué, il y a un an à peine. Après avoir étudié scrupuleusement le projet du Comité fondateur, il rédigea une première circulaire qui fut distribuée à tous les présidents des Sociétés géologiques ou des corps savants analogues, ainsi qu'à tous les membres de la Société géologique de France et à toutes les personnes que le Congrès pouvait intéresser.

En qualité de Secrétaire général du Comité d'organisation, j'entrai à cette époque en correspondance avec M. Sterry Hunt, et je dois témoigner hautement du dévouement et de l'activité avec lesquels M. Sterry Hunt a continué la propagande féconde qu'il avait commencée au nom du Comité fondateur.

Notre première circulaire eut surtout pour résultat de nous faire connaître ceux des savants étrangers qui voulaient bien appuyer notre commune entreprise auprès de leurs compatriotes. A l'aide des indications qu'il reçut de ses correspondants, le Comité d'organisation put adresser une deuxième circulaire à beaucoup plus de personnes, ainsi qu'à un beaucoup plus grand nombre de Sociétés géologiques ou de corps savants, et cela sans aucune distinction de nationalité; car il était de la plus haute importance que cette œuvre, si véritablement internationale dans son origine, conservât ce caractère jusqu'à la fin.

M. le Président joignit une invitation pressante aux exemplaires de notre deuxième circulaire, qui étaient envoyés en grand nombre à chaque président des sociétés, à chaque directeur des corps savants. Cette dernière circulaire du Comité, vous la connaissez tous, Messieurs; elle renferme la plupart de ses décisions importantes.

De ces décisions, les unes étaient purement matérielles, déterminant, par exemple, le montant de la cotisation, l'époque de la session dont l'ouverture a été reculée au 29 août, parce que la première date, fixée au 19 du même mois, aurait coïncidé avec celles des réunions de plusieurs sociétés savantes à l'étranger; les autres avaient pour but de satisfaire, autant que possible, aux vœux du Comité fondateur.

Le premier de ces vœux était une exposition générale des collections scientifiques, qui aurait permis aux savants de trancher plus d'une difficulté par l'examen sur place des pièces du procès. Mais il était impossible de les réunir immédiatement les unes à côté des autres. Depuis longtemps déjà, presque tous les exposants avaient fait des demandes directes à leurs Gouvernements. Beaucoup d'entre eux n'auraient pas consenti à retirer d'une collection qui représentait une exploitation ou une industrie, les spécimens qui auraient eu plus spécialement rapport à une question scientifique.

Le Comité d'organisation pensa qu'un catalogue était la seule forme sous laquelle on pourrait montrer l'ensemble des collections particulières; c'est ce catalogue qu'il a intitulé le *Guide du géologue à l'Exposition*, et dont un exemplaire est mis à la disposition de chacun des membres du Congrès.

Ce guide et le plan qu'on y voit annexé, donnent le moyen de trouver rapidement la place occupée par les fossiles, les roches ou les minéraux propres à un terrain, à un gisement, ou à l'un des pays qui ont exposé. Il renferme aussi la liste et la place des espèces minérales que possèdent les collections de l'École des mines ou du Muséum, et de nombreux renseignements sur plusieurs collections de fossiles animaux ou végétaux, visibles à Paris, soit dans des établissements publics, tels que le Muséum ou la Faculté des sciences, soit chez des particuliers.

La seconde proposition du Comité fondateur était un programme des questions qui seraient soumises à l'examen du Congrès. Le Comité d'organisation a été obligé d'élargir beaucoup ce programme, à cause de la grande variété des sujets que traiteront les mémoires envoyés au secrétariat.

La première question mérite une attention spéciale. Elle a pour objet l'unification des termes de la nomenclature, aussi bien que du figuré des terrains et des faits géologiques; elle a été posée sous des énoncés dont la formule seule varie. L'espérance d'arriver à l'adoption de termes et de signes uniformes a, sans aucun doute, inspiré le premier désir d'un Congrès; on pressent que, malgré les diversités d'écoles, de points de vue, d'exigences locales, les géologues feront tous leurs efforts pour appliquer aux représentations des œuvres de la nature le principe qui s'y manifeste partout, celui de l'unité dans la variété. Cette première question a été mise à l'ordre du jour de demain.

La deuxième donnera lieu évidemment à de fructueux débats; car elle concerne les contacts des terrains et leurs délimitations, c'est-à-dire les parties les plus délicates de la stratigraphie.

A la troisième (Représentation et coordination des faits d'alignement; failles et filons) se rapportent d'une part des travaux publiés sur l'alignement des filons, et d'autre part ceux qui touchent à la géologie expérimentale.

La quatrième (Valeur respective des faunes et des flores, au point de vue de la délimitation des terrains) comprend les problèmes actuels de la paléontologie.

Enfin la cinquième (Valeur de la composition minéralogique et de la texture des roches, au point de vue de leur origine et de leur âge) est motivée par les succès brillants que les lithologistes ont obtenus dans ces dernières années, grâce à l'application combinée du microscope et des propriétés optiques.

A ces questions se rattachent, comme on voit, tous les sujets qui pourraient

se présenter, tous ceux au moins qui ont été proposés pour des lectures ou pour des discussions générales. Force a été de les admettre toutes, parce qu'aucune d'elles ne semblait répondre à elle seule aux demandes des membres du Congrès; mais ce programme, si vaste dans son ensemble, vise, avant tout, aux points les plus controversés de la science, ou bien à ceux qui promettent les aperçus les plus nouveaux.

Le Bureau provisoire, nommé par le Conseil du Congrès, a sanctionné toutes ces résolutions; il a, de plus, voté un règlement que je dois porter à votre connaissance.

Le Secrétaire général lit ce règlement[1], et termine en ajoutant:

Tel est, Messieurs, le résumé succinct des mesures que le Comité d'organisation a cru devoir adopter pour assurer la réalisation et la marche régulière du Congrès.

M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts, *président*. Messieurs, le Bureau, tel qu'il a été proposé par le Comité d'organisation, a été élu à la presque unanimité des suffrages. Je vais le faire connaître au Congrès.

Nombre des votants : 87.

87 voix ont décerné la présidence à M. Hébert, membre de l'Institut.

Voici ensuite les noms des vice-présidents, choisis parmi les nationalités représentées au Congrès :

Angleterre : M. Davidson, de la Société royale de Londres.
Belgique : M. de Koninck, professeur à l'Université de Liège.
Canada : M. Sterry Hunt, ancien membre de la Commission géologique du Canada.
Danemark : M. Johnstrupp, professeur à l'Université de Copenhague.
Espagne : M. Vilanova, professeur à l'Université de Madrid.
États-Unis : M. J. Hall, de New-York.
France { M. Daubrée, directeur de l'École des mines.
France { M. A. Gaudry, professeur au Muséum d'histoire naturelle.
Hongrie : M. Szabo, professeur à l'Université de Budapest.
Italie : M. Capellini, professeur à l'Université de Bologne.
Pays-Bas : M. de Baumhauer, de Harlem.
Portugal : M. le colonel Ribeiro, chef de la Section géologique de Portugal.
Roumanie : M. Stéphanesco, professeur à l'Université de Bucharest.
Russie : M. de Moeller, professeur à l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg.
Suède et Norvège : M. Torell, directeur du levé géologique de Suède.
Suisse : M. A. Favre, professeur de géologie à l'Académie de Genève.

Enfin ont été nommés :

M. Jannettaz, ancien président de la Société géologique de France, *secrétaire général*.
MM. Brocchi, Delaire, Sauvage, Vélain, *secrétaires*.
M. A. Bioche, *trésorier*.

La parole est à M. Hébert.

M. Hébert. Messieurs, le Bureau me charge de vous exprimer le désir que

[1] Voir plus haut, p. 6.

M. Liversidge, professeur à l'Université de Sydney, qui est ici au nom des colonies magnifiquement représentées dans l'Exposition, vienne prendre place en leur nom parmi les vice-présidents que vous venez de nommer. (Applaudissements.)

M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts, *président*. La parole est à M. Daubrée.

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

SUR LES DÉFORMATIONS ET LES CASSURES DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

M. Daubrée. Messieurs, quand on se trouve en présence des cassures qui sillonnent en tous sens l'écorce terrestre, il semble que l'expérience ne puisse pas, sans témérité, essayer d'expliquer des phénomènes aussi grandioses. On pourrait penser que l'observation seule a prise sur eux; cependant l'explication à laquelle ce dernier mode d'investigation a conduit jusqu'à présent est loin d'être satisfaisante.

Mais l'expérience bien connue, par laquelle James Hall a essayé d'imiter les refoulements que présentent souvent les roches, fait voir que l'expérimentation peut aborder fructueusement ces grands sujets; car c'est ainsi qu'une doctrine, alors vivement contestée, a reçu un appui décisif.

Pour ne pas abuser trop longtemps de votre bienveillante attention, je vais me restreindre à l'histoire des cassures proprement dites, c'est-à-dire aux phénomènes qui concernent l'origine des failles et des joints, si fréquents de toutes parts.

Les failles ont été étudiées d'une manière très précise dans tous les détails de leurs allures, particulièrement par les mineurs. Beaucoup d'entre elles ont été relevées avec une exactitude mathématique. Cependant aucune hypothèse satisfaisante n'a su rendre compte jusqu'à présent de l'origine de ces innombrables cassures.

Les explications théoriques n'ont pas été heureuses pour les joints proprement dits, qui sillonnent les roches et qui, comme les failles auxquelles ils se rattachent, présentent des systèmes parallèles, s'entre-croisant dans diverses directions.

On les a quelquefois assimilés aux cassures produites par l'effet d'un retrait, qui sont bien connues dans les colonnades prismatiques des basaltes; mais cette hypothèse ne peut évidemment s'appliquer qu'à des cas très restreints.

La supposition, quelquefois émise, que les joints sont dus à une force de cristallisation ne soutient d'ailleurs pas un examen approfondi.

J'ai donc cherché par des procédés très simples, et analogues à ceux qui ont pu être mis en jeu dans la nature, à imiter ces cassures, dans leurs formes générales, dans leurs dispositions parallèles et dans leur association en systèmes conjugués à peu près perpendiculaires entre eux, se croisant sous de très forts angles.

(L'orateur fait au tableau quelques dessins à ce sujet.)

Deux méthodes m'ont conduit à des résultats très analogues.

L'une d'elles consiste à saisir une plaque de glace, d'une faible épaisseur, par une de ses extrémités, et à lui imprimer, à la main, par un tourne-à-gauche fixé à l'autre extrémité, une légère torsion autour de son axe.

On produit ainsi un grand nombre de cassures, qui, malgré leurs irrégularités, dues entre autres causes au défaut d'homogénéité du verre, sont soumises à une loi géométrique évidente.

Elles sont disposées en deux faisceaux parallèles, qui sont également inclinés sur l'axe de torsion et qui, en s'entre-croisant, dessinent une série de losanges; c'est ce que montrent les produits d'expériences, ainsi que les photographies qui sont sous vos yeux.

Une précaution essentielle à prendre, pour que tous les débris de la plaque conservent leur position relative, c'est de l'envelopper à l'avance d'une feuille de papier, qui empêche les fragments de se séparer.

Outre les grandes cassures qui traversent la plaque, il en est qui prennent naissance dans l'intérieur de la masse vitreuse et se perdent avant d'en avoir atteint les surfaces.

J'insiste sur ces associations de cassures principales avec des cassures d'un ordre moindre, parce qu'on observe souvent que les grandes cassures terrestres sont accompagnées d'un cortège de fissures, évidemment contemporaines, et qui sont comme des ébauches de failles.

Sans m'arrêter davantage sur tous les caractères que présente le phénomène de la torsion exercée sur la glace, je passe à une méthode d'expérimentation qui permet d'opérer, non plus sur un corps tout à fait solide, mais sur une substance à la fois cassante et flexible. Dans ce nouveau cas, les cassures présentent encore de l'analogie avec celles qu'ont subies les couches terrestres.

Un prisme de cire à modeler est soumis à l'action de la presse hydraulique, de manière qu'une cassure principale étant produite, il puisse y avoir glissement relatif des deux portions séparées.

La cassure causée par une pression verticale se produit, avec une inclinaison de 45 degrés sur la direction de la pression.

Dans cette cassure principale, le glissement donne lieu à une série d'étranglements et d'élargissements, tout semblables à ceux qu'on observe dans les failles. De plus, il s'ouvre, en même temps, d'autres cassures de même importance que les premières et à peu près à angle droit avec elles.

Par suite de sa cohésion spéciale, la substance soumise à la pression se bombe dans une partie de chacune de ses faces, et les régions ainsi soulevées sont hachées d'une série de fissures très fines, visibles cependant à l'œil nu, et formant un véritable réseau à angle droit, que la photographie reproduit très bien.

Enfin, à côté de ces fissures de divers ordres, on distingue des gerçures béantes, dont les directions tendent à épouser successivement chacune des cassures principales. Ces gerçures, également inclinées sur l'axe de pression, offrent une disposition qui rappelle celle d'un grand nombre de vallées coudées sous des angles divers, souvent voisins de l'angle droit.

Il convient d'appeler ici l'attention sur la ressemblance de cette seconde

série de résultats d'expériences, avec ce qu'on observe dans beaucoup de parties de l'écorce terrestre.

D'abord ces résultats reproduisent un fait dont on est souvent témoin dans la nature, quand on étudie avec soin les relations des joints proprement dits avec les failles. En effet, on arrive alors à reconnaître qu'on ne peut pas établir une ligne de démarcation nette entre ces deux catégories d'accidents. Les failles sont des cassures qui ont produit des rejets; mais, à côté d'elles, on rencontre des cassures qui, sans en avoir produit de très sensibles, se rattachent néanmoins à elles, d'une manière évidente, par leur origine. Telle localité offrira, par exemple, des failles distantes d'un mètre à peine les unes des autres, et qui n'ont rejeté les couches traversées que de quelques décimètres. Le terrain est alors haché verticalement par une série de cassures rapprochées, dont la régularité rivalise avec celle des plans de stratification. Cette observation s'applique exactement à ce qu'on observe dans le canal de la Marne au Rhin, à Arschwiller et Hommarting, et dans le tunnel de Blaisy (Côte-d'Or), dont les dessins sont sous vos yeux.

Je citerai aussi les falaises de la Manche, où les cassures du sol, visibles même de loin, sur cette muraille naturelle, se poursuivent avec des inclinaisons de 60 ou 70 degrés et présentent un parallélisme semblable à celui des fêlures artificielles. Leur disposition rappelle tout à fait les systèmes de fentes obtenues dans une plaque mince, soumise à une faible pression.

Ceci posé, les expériences nous montrent comment toutes ces cassures parallèles, quoique d'importance fort différente, peuvent prendre naissance simultanément, par une seule et même action.

Qu'on se serve de l'un ou de l'autre procédé dont il vient d'être question, on ne peut faire naître de grandes cassures, sans en ouvrir en même temps un très grand nombre de petites, intimement liées aux premières par une relation de parallélisme; ces dernières forment comme la menue monnaie des premières.

Il résulte aussi du rôle constaté de la torsion, que la cause même qui a produit les déformations du sol, si faible qu'elle soit, a dû engendrer des séries de cassures, disposées avec le parallélisme que l'on constate à chaque pas sur le terrain.

On voit en même temps, notamment dans la seconde série d'expériences, que les poussées mêmes qui ont ouvert les failles, ont immédiatement tendu à y produire les rejets.

On a souvent dit que les rejets des failles étaient dus à l'action de la pesanteur. Ils sont disposés souvent, en effet, d'une manière favorable à cette supposition. Mais ils se montrent parfois aussi en sens inverse, ce qui suffit à montrer qu'ils reconnaissent une autre cause et que la pesanteur est seulement intervenue, comme cause perturbatrice, avec une influence d'ailleurs prédominante dans beaucoup de cas.

Je n'insisterai pas davantage sur ces cassures étudiées en elles-mêmes; mais je dirai quelques mots sur leur rôle dans le relief du sol.

Les dessins placés devant vous montrent les réseaux de cassures artificielles, disposées en systèmes conjugués très réguliers. Des systèmes conjugués,

de dispositions semblables, se montrent également dans le relief du sol d'une foule de contrées. On distingue, çà et là, malgré les érosions qui ont tendu à les effacer, des traits qui offrent avec ces dessins une grande analogie. Je laisse de côté les reliefs des régions montagneuses pour prendre le cas le plus simple, celui de couches restées à peu près horizontales dans les régions de collines et de plaines. Même dans ces localités, en apparence épargnées par l'activité mécanique de l'écorce du globe, on voit de toutes parts se manifester, dans la direction des vallées et des accidents de terrain, une série de lignes qui s'entre-croisent souvent avec une régularité toute semblable à celle des produits d'expériences. Même aux environs de Paris, ces phénomènes de parallélisme sont reconnaissables à première vue.

Dans le nord de la France, les bassins de la Canche, de l'Authie, de la Somme, de la Bresle, de l'Yères, de l'Aulne, de la Béthune, dessinent, avec une régularité presque géométrique, un réseau de vallées parallèles entre elles, avec des vallons formant un autre système presque à angle droit (78°).

Cet ensemble de vallées ressemble beaucoup au quadrillé que nous obtenons, par l'un ou par l'autre des procédés de cassures expérimentales; sur une carte, il en offre comme une miniature.

Je ne veux pas abuser des instants de l'assemblée en insistant davantage. Je dirai seulement, pour me résumer, que la vue seule des cassures artificielles, rapprochées de celles que les mineurs connaissent si bien, dans les failles et dans les joints corrélatifs des failles, révèle des ressemblances très grandes dans la cause première des uns et des autres. Or, les procédés artificiels employés ici consistent dans une action des plus simples de pression ou de torsion, dont le résultat est de donner naissance à des myriades de cassures orientées de différentes manières et par faisceaux parallèles. On peut en conclure que c'est par un mécanisme très simple que se sont ouverts les failles et les joints qui traversent un grand nombre de pays et dont on a, depuis longtemps, remarqué l'orientation constante, sur des étendues de 20 à 30 kilomètres et au delà, c'est-à-dire avec des caractères qui excluent toute idée de retrait.

Des exemples, qu'on pourrait multiplier indéfiniment, montrent combien le rôle des cassures a été important dans la formation du relief du sol, même dans les pays de plaines, dans des régions où l'on a attribué aux érosions une part exclusive. On ne peut pas concevoir un tel réseau géométrique de lignes parallèles et s'entre-croisant suivant deux systèmes à tendance orthogonale, sans admettre que ce sont des cassures qui ont commencé ces vallées et ces vallons.

L'expérience, en nous montrant, sur les plaques de glace ou sur les blocs de cire à mouler, comment les cassures se multiplient et se rapprochent les unes des autres, suivant certains alignements, indique aussi comment les joints ont dû singulièrement faciliter les érosions. Celles-ci ont trouvé dans les joints les véritables guides qui les ont dirigées à des époques parfois très postérieures à l'ouverture des fractures, et particulièrement durant la période quaternaire.

L'histoire des phénomènes qui nous occupent fournit, à mon avis, un des exemples où l'expérimentation peut arriver à éclairer les phénomènes naturels,

et cela, malgré la grande disproportion qui existe entre nos procédés d'investigation et les objets à imiter.

M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts, *président*. A propos de la communication de M. Daubrée, M. Michel-Lévy demande à exposer, en son nom et au nom de M. C. Vélain, les résultats de leurs observations communes.

SUR LES FAILLES DE LA RÉGION OCCIDENTALE DU MORVAN,

PAR MM. MICHEL-LÉVY ET CH. VÉLAIN.

M. Michel-Lévy. Les remarquables expériences dont M. Daubrée vient d'exposer le résultat devant le Congrès, reçoivent une confirmation pratique intéressante par l'étude du réseau compliqué de failles qui séparent en certains points les massifs éruptifs anciens du Morvan de sa bordure jurassique.

Ces points sont, en général, déterminés par des sortes de nœuds où une grande faille terminale subit des inflexions brusques. On peut poser en principe que ces nœuds ont pour cause la résistance exceptionnelle aux fractures d'un massif de roches sous-jacentes, et qu'il se produit alors un parallélogramme de failles multiples auxquelles la grande direction de fractures dominante sert de bissectrice.

Nous citerons, comme exemple d'un pareil ensemble, la région comprise entre Sardy, la Colancelle, Aunay et Franay. La grande faille limitative du Morvan, dans cette région occidentale, passe au pied du mont Vigne et descend, du Nord au Sud, dans une direction N. 10° E.; dès Cervon, elle commence à subir une influence marquée; puis, à partir de Sardy, elle a pour direction N. 158° E. C'est qu'en effet, en cet endroit, les roches sous-jacentes sont constituées par un puissant massif de porphyres quartzifères fluidaux, qui sert de point de résistance et de centre à un étoilement de fractures; outre la grande faille à 158°, cet étoilement comprend un parallélogramme de petites failles dirigées, les unes, N. 17° E., et les autres, N. 118° E. On voit que le parallélogramme présente un plus petit angle de 79° dont la grande faille est bissectrice à un demi-degré près.

Il nous reste à signaler le fait que toutes ces failles d'origine récente, puisqu'elles intéressent tout au moins les terrains jurassiques, ne sont que des réouvertures de fractures anciennes : filons de quartz, de porphyre, etc. Ainsi la direction de la faille à 158° est celle de nombreux filons de minette (porphyrite à pyroxène, riche en mica noir) dont on peut suivre les traces, depuis Saulière jusqu'au sud de Moulins-Engilbert; elle est également sillonnée par de puissants filons de quartz, des arkoses triasiques (Montchougny, près Dun, Sainte-Péreuse, etc.).

Les failles à 17° sont aussi parallèles à un filon de quartz d'arkose, dont on peut voir un bel affleurement à 500 mètres au sud de Montreuillon. La direction N. 118° E. est celle d'un filon de minette que l'on peut suivre du nord d'Aignault au sud de Saint-Maurice. Ajoutons que de nombreux lambeaux de terrain houiller ont été englobés par faille dans le terrain porphyrique au

voisinage de Montreuillon et de l'Huis-Ceuillot. Ces lambeaux sont, en général, très allongés suivant les directions 17° ou 158°.

M. le Président. La parole est à M. A. Favre.

EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DES REFOULEMENTS OU ÉCRASEMENTS LATÉRAUX EN GÉOLOGIE.

M. A. Favre (Suisse). Les montagnes composées de roches cristallines ont bien certainement une origine différente des montagnes formées de terrains sédimentaires. Les expériences dont j'ai l'honneur, Messieurs, de vous exposer les résultats, sont uniquement relatives à ces dernières.

Lorsqu'on croyait que les eaux de la mer s'étaient élevées au-dessus du niveau des montagnes qui contiennent des fossiles marins, on ne faisait pas d'hypothèses sur la formation des montagnes; mais, depuis que cette idée a été abandonnée, il en est surgi de nouvelles sur ce sujet. On peut les diviser en trois théories, d'après la direction des forces qui auraient agi : 1° de bas en haut; 2° de haut en bas, et 3° horizontalement.

La première, celle du soulèvement, remonte à une très haute antiquité; elle est maintenant abandonnée.

La seconde, celle de l'affaissement, a été soutenue en Suisse par J.-A. Deluc. Il pensait que les montagnes sont des parties solides de la surface de la terre qui ont résisté à un affaissement général; elle compte encore quelques adhérents.

La troisième, celle du refoulement, a été énoncée pour la première fois en 1795, par H.-B. de Saussure; en la développant, Élie de Beaumont l'a désignée sous le nom d'écrasement latéral.

Suivant cette dernière manière de voir, la force puissante qui agit sur le sol pour former les montagnes proviendrait de ce que la terre se refroidit. L'action du soleil aurait maintenu l'écorce du globe à une température à peu près invariable, depuis l'époque où les êtres organisés se sont montrés pour la première fois. Au contraire, la température de la masse intérieure du globe s'abaissant, celle-ci se contracterait, diminuerait de volume, et l'écorce de la terre, tendant toujours à reposer sur le noyau intérieur, serait forcée de se plisser, de se rider, de se disloquer, et il en résulterait des dénivellations.

Pour rechercher si l'expérience vient à l'appui de ces idées théoriques, j'ai essayé de refouler des bandes d'argile plastique de la manière suivante. Une bande d'un épais caoutchouc, ayant 12 centimètres de largeur et 40 centimètres de longueur, est étirée jusqu'à 60 centimètres; la bande d'argile molle, ayant de 2 à 6 centimètres d'épaisseur, est étendue sur elle, en y adhérant autant que possible; elle est quelquefois composée de couches superposées, mais le plus souvent ce qui paraît être des couches dans les figures ci-jointes, n'est qu'une apparence de stratification, produite à l'extérieur par des traits dessinés horizontalement avant le rétrécissement. Sur chaque extrémité du caoutchouc est fixée une forte planchette, contre laquelle l'argile s'appuie. En laissant le caoutchouc revenir peu à peu et lentement à sa dimension primitive (40 centi-

mètres), l'argile est refoulée, et l'on voit se produire, à sa surface et sur ses côtés, une configuration et une structure tout à fait semblables à celles qu'on observe dans les Alpes, le Jura, les Appalaches, etc.

Fig. 1 [1].

Dans la figure 1, les ondulations de la surface sont le résultat des plis qui se sont produits dans toute la masse argileuse. On y voit des vallons plus ou moins larges, des chaînes en voûtes de hauteur irrégulière, et plus ou moins déjetées, des couches rompues au sommet de voûtes ou de plis diversement accentués, enfin des cavernes semblables à certaines grottes naturelles.

Dans d'autres expériences, j'ai obtenu des formes semblables à celles de montagnes connues, par exemple celles du mont Salève, près de Genève; cependant elles en diffèrent toujours parce que les montagnes actuelles ont subi des dénudations et des érosions qui n'ont pas eu lieu dans les expériences. On y voit encore des zones dans lesquelles les refoulements sont plus accentués que sur d'autres points, des failles, etc.; toujours l'épaisseur de l'argile s'est augmentée par l'effet de la compression.

Dans une expérience où l'argile était trop épaisse pour suivre le caoutchouc dans son retrait, elle s'est séparée de lui, en formant une voûte qui a subi deux ruptures, l'une au sommet, en forme de V; l'autre à la base et à la partie inférieure de l'argile, en forme de V renversé. Cette dernière cassure représente la *grande faille* qui, d'après L. de Buch, détermine la position des volcans à la base des grandes montagnes.

La bande d'argile qui a donné lieu à la figure 2 a été établie de manière qu'avant le refoulement l'une des parties eût 65 millimètres d'épaisseur dans

[1] Dans l'intervalle qui s'est écoulé entre la session du Congrès et la publication de ses comptes rendus, le journal *La Nature* a donné un intéressant résumé des recherches de M. Alphonse Favre. Le rédacteur en chef, M. Gaston Tissandier, avec une gracieuseté dont nous le remercions ici, a bien voulu mettre à notre disposition quelques-unes des plus instructives parmi les figures qui accompagnaient ce travail. (*Note du Secrétaire.*)

toute son étendue, et l'autre 30 millimètres environ. Ces deux parties étaient réunies par une pente très douce; les traits imitant les couches avaient été tracés horizontalement dans toute la longueur de l'argile; la partie haute figu-

Fig. 2.

rait une montagne, la partie basse une plaine. Après le refoulement, la montagne s'est trouvée exhaussée de 10 millimètres, la plaine de 15; la pente douce est devenue presque verticale; dans la plaine, il s'est produit des collines d'autant plus élevées qu'elles sont plus voisines de la montagne, et les couches de la plaine plongent sous les couches de la montagne qui ont été fortement recourbées. Cette structure est très semblable à ce qu'on observe sur le revers nord des Alpes, à la limite des chaînes calcaires et de la région occupée par la molasse.

Dans l'expérience dont le résultat a été reproduit figure 3, j'ai essayé de représenter ce qui arriverait si un refoulement s'exerçait sur un puissant dépôt doué d'une certaine plasticité, mais formé dans le fond d'une mer où se trouveraient deux montagnes déjà solidifiées. Ces dernières ont été représentées dans l'expérience par deux demi-cylindres *a* et *b* de 35 millimètres de rayon[1], placés à 20 centimètres l'un de l'autre, et à 20 centimètres des extrémités du caoutchouc étiré. L'épaisseur totale de l'argile était de 40 centimètres. Pendant le refoulement, il s'est formé une vallée au sommet du demi-cylindre *a*. Jamais, jusqu'ici, on n'a pensé à assigner une pareille origine à une dépression du sol. Au-dessus du demi-cylindre *b*, il s'est passé quelque chose de tout différent : l'argile s'est rompue, la lèvre de droite de la rupture a glissé en s'élevant et en faisant subir un renversement de 120° à la lèvre de gauche. Si on avait numéroté de haut en bas, avant le refoulement, les cinq couches supérieures de l'argile, une coupe à peu près verticale, prise après l'expérience, donnerait la succession suivante : 1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1, 1, 2, 3, 4, 5.

[1] Non pas 35 centimètres, comme il a été imprimé page 1094 du tome LXXXVI des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

Ce genre de section est connu des géologues. Au point culminant, l'argile a subi un exhaussement de 6 centimètres et s'est élevée à 10 centimètres.

Les formes affectées par l'argile varient lors même que les conditions du

Fig. 3.

refoulement paraissent être les mêmes; on a vu ce qui s'est passé sur les deux demi-cylindres de la figure 3. Les formes sont même différentes sur les deux côtés d'une bande d'argile de 12 centimètres de largeur; elles varient suivant la plus ou moins grande vitesse du refoulement, suivant son intensité, l'épaisseur de l'argile, la plasticité de celle-ci, la rigidité des différentes couches. On doit penser que des causes analogues ont existé dans la nature.

De ces expériences, je crois pouvoir conclure :

1° Que les refoulements ou écrasements latéraux ont joué un rôle prépondérant dans la formation des collines, des montagnes, et en général dans les dislocations du sol ;

2° Que les refoulements ne se manifestant dans la croûte solide du globe que par suite d'une diminution dans la longueur du rayon terrestre, leurs effets ne se produisent qu'avec une extrême lenteur. On sait, en effet, que depuis deux mille ans il n'y a pas eu dans le rayon de la terre de raccourcissement qui ait fait varier la longueur du jour.

Il se passe probablement, dans les roches soumises aux refoulements, des phénomènes analogues à ceux des glaciers. On sait que la marche d'un grand glacier développe dans la glace une tension qui, à un certain moment, se manifeste par une rupture subite, laquelle prend ordinairement la forme d'une fissure peu visible, mais d'une étendue parfois considérable. Cette fissure s'entr'ouvre ensuite lentement et se change peu à peu en une ou plusieurs crevasses. Cette comparaison me semble expliquer ce qui peut se produire dans la formation des montagnes et de certaines vallées [1]. (Applaudissements.)

[1] Pour plus de détails sur les refoulements, voyez *Archives des sciences physiques et naturelles*, t. LXII, juin 1878.

M. le Président. La parole est à M. Lory.

OBSERVATIONS SUR LA STRUCTURE DES ALPES.

M. Lory. Messieurs, je vous demanderai la permission de présenter quelques observations à l'appui des communications si intéressantes qui viennent d'être faites par les éminents géologues qui m'ont précédé à cette tribune : MM. Daubrée et Favre. J'y ajouterai l'exposé de quelques faits du même ordre que ceux sur lesquels M. Michel-Lévy a appelé tout à l'heure votre attention. Ces faits sont relatifs à la structure des Alpes. On peut en tirer quelques aperçus touchant le rôle considérable des *fractures* dans la formation des reliefs montagneux et reconnaître que les plissements compliqués des terrains stratifiés, dans les mêmes massifs, sont souvent des conséquences mécaniques très simples des fractures et failles subies par les terrains plus anciens qui les supportent.

Dans la constitution des Alpes, sans entrer dans des détails spéciaux, vous savez tous, Messieurs, qu'il existe d'abord un système considérable de roches anciennes, plus ou moins schisteuses, que je désignerai simplement sous le nom de schistes anciens ou cristallins; puis, en fait de terrains stratifiés, nettement sédimentaires, le plus ancien qu'on ait déterminé jusqu'ici, dans les Alpes occidentales, c'est le terrain houiller, représenté par les grès à anthracite. Après cela viennent les terrains secondaires, dont nous parlerons tout à l'heure.

Je crois être arrivé à reconnaître, d'une manière certaine, dans les Alpes occidentales, les grandes dislocations qui ont placé les schistes cristallins dans une situation plus ou moins inclinée. Elles sont postérieures au terrain houiller, et les dislocations ne se sont pas produites suivant un alignement rectiligne (nous le verrons tout à l'heure), mais suivant une zone courbe ou polygonale, que j'appellerai *zone du mont Blanc*, qui comprendrait les grands massifs de schistes cristallins de la Savoie et du Dauphiné, et au prolongement de laquelle se rattacheraient les massifs de même nature des Alpes bernoises, au Nord-Est, et des grandes Alpes maritimes, au Sud-Est.

L'existence des schistes cristallins, dans les diverses parties de cette zone, est connue depuis longtemps. On peut, dans leur ensemble, considérer leurs feuillets, en général très fortement redressés, comme formant un toit à double pente. Cette disposition est encore reconnaissable, malgré les modifications qui y ont été introduites par des dislocations ultérieures. Le grès houiller est généralement concordant avec ces schistes anciens, qui ne paraissent pas avoir été notablement plissés et disloqués avant son dépôt; souvent il est pincé dans leurs replis, sous une forme concordant parfaitement avec celle des schistes cristallins eux-mêmes; ce n'est que sur la limite extrême du versant nord-ouest de cette zone, dans le district de la Mure (Isère), par exemple, où le terrain houiller est réduit à une faible épaisseur, que l'on peut observer quelques cas de discordance appréciable; mais, plus à l'intérieur des Alpes, dans l'Oisans par exemple, le parallélisme de stratification est constant. On peut donc poser, en principe, que les schistes cristallins étaient encore généralement horizontaux ou très peu inclinés lorsque le terrain houiller les a re-

couverts, et que les mouvements qui les ont placés dans leur position actuelle, généralement très inclinée, sont postérieurs au terrain houiller.

D'un autre côté, ces mouvements sont antérieurs aux terrains secondaires qui existent dans la région : le *trias* et le *lias*.

Il y a, à cet égard, les faits les plus frappants, et ils sont également, beaucoup d'entre eux du moins, constatés depuis longtemps. Un des plus remarquables est celui qu'a si bien fait connaître notre éminent confrère, M. Favre, au point culminant du massif des Aiguilles-Rouges, où un lambeau très restreint de grès *triasique* et de calcaire du *lias*, en couches horizontales, repose sur la tranche des schistes cristallins à peu près verticaux. Mais cette superposition constante du *trias* et du *lias*, souvent encore horizontaux, sur les tranches des schistes cristallins, ou sur celle des grès houillers, est un fait général, dont on rencontre des exemples sur toute la longueur de la *zone du mont Blanc*, en Savoie et en Dauphiné, aux altitudes les plus diverses. Nulle part il n'est plus frappant que dans le canton de l'Oisans, où, sur un grand nombre de points, depuis 700 jusqu'à 3,500 mètres d'altitude, on trouve des chapeaux de *lias* inférieur fossilifère, souvent horizontal, posés sur les tranches des schistes cristallins et du terrain houiller à peu près verticaux.

Cependant la configuration actuelle des Alpes a été le résultat de beaucoup d'autres mouvements qui se sont produits postérieurement au dépôt de ces terrains secondaires.

Quelle est la nature de ces mouvements? Comment se trouvent-ils en rapport avec ceux qui avaient redressé préalablement les schistes cristallins et les grès houillers?

C'est ici que se montre une relation extrêmement intéressante, analogue, dans son principe, aux faits cités tout à l'heure par M. Michel-Lévy pour le Morvan.

Dans les intervalles entre ces points où les terrains secondaires sont restés en assises à peu près horizontales, sur des plateaux ou des gradins étroits d'altitudes si diverses, il y a des mouvements du sol extrêmement prononcés, des ondulations considérables, de grandes déchirures, des vallées et des gorges très profondes.

Et alors, Messieurs, que voyons-nous?

Nous voyons, sur les pentes, les couches de ces mêmes terrains secondaires s'incliner, se plisser et se raccorder ainsi par des plis extrêmement compliqués (sauf les érosions, les dénudations et les ruptures locales), avec ces lambeaux qui sont restés horizontaux sur les sommets ou sur les gradins à des niveaux très différents.

Nous voyons, d'autre part, que les terrains anciens qui forment la base se présentent partout avec les mêmes allures, en couches inclinées de la même manière et orientées de même, que ce soient des schistes cristallins ou des grès houillers. Il est donc bien clair que les mouvements subis par les terrains anciens et ceux subis par les terrains secondaires n'ont pas été de même nature.

Dans le soubassement de terrains anciens, antérieurement disloqués et devenus rigides, les mouvements ultérieurs ont déterminé des *failles*, des cassures nettes, franches, qui se sont produites, la plupart du temps, suivant la

direction et, souvent même, suivant l'inclinaison du premier redressement de ces terrains. Au contraire, les couches des terrains secondaires, qui les recouvraient horizontalement, se sont comportées comme le ferait un ensemble de couvertures superposées, éminemment flexibles, supportées par un échafaudage dont les différentes pièces viendraient à se disjoindre et à subir des dénivellations. Elles se sont adaptées, comme une pâte plastique, aux nouvelles formes de leur base disloquée et accidentée par ces cassures, de façon que, de gradin en gradin, le raccordement s'est effectué par des plissements multipliés du terrain secondaire. Les plissements de ces couches du trias et du lias n'ont pu s'effectuer que moyennant des *glissements* très étendus de ces terrains sur leur base, et de leurs diverses couches les unes sur les autres; ces *glissements* ont été la conséquence immédiate des *failles* du terrain ancien sous-jacent, et les couches secondaires, quittant ainsi presque partout les massifs culminants, sur lesquels il n'en est subsisté que de rares *témoins*, sont venues s'entasser, en se *plissant*, le long des pentes et dans leurs dépressions, et se sont raccordées avec les dispositions de leur base disloquée en gradins successifs.

Dans les Alpes, comme dans le Morvan, dont parlait tout à l'heure M. Michel-Lévy, la direction de ces nouveaux mouvements est exactement celle des mouvements anciens qui avaient affecté les schistes cristallins et le terrain houiller. Les directions de ceux-ci, dans les différents massifs des Alpes, depuis les Alpes maritimes jusqu'aux Alpes bernoises, ne sont pas partout les mêmes. Nous trouvons, dans les Alpes maritimes, une direction Sud-Sud-Ouest, tandis que, dans les Alpes du Dauphiné et de la Savoie, nous trouvons la direction presque Nord-Sud, puis la direction Nord-Nord-Est, caractéristique des Alpes occidentales. Enfin, dans le voisinage du mont Blanc, la direction s'infléchit davantage vers le Nord-Est, et nous savons tous que, plus loin, dans les Alpes bernoises, elle s'infléchit encore plus dans le même sens.

Ces directions diverses se retrouvent, en quelque sorte, sur leurs prolongements, dans les dislocations subies par les terrains secondaires, fait analogue encore à celui dont parlait M. Lévy à propos des terrains du Morvan. D'autre part, les mouvements que les terrains secondaires ont éprouvés se sont propagés à des époques ultérieures dans la zone des régions subalpines, comprenant des terrains plus récents, crétacé, éocène et miocène, par exemple dans les massifs de la Grande-Chartreuse et du lac d'Annecy; ces mouvements ont donné lieu à des *failles* et à des *plissements* qui présentent les mêmes phénomènes, au moins quant à la direction.

Pour ce qui est de la disposition même de ces plissements, je ne crois pas qu'elle puisse s'interpréter, s'expliquer mécaniquement, sans faire intervenir des circonstances majeures dont il aurait été bien difficile de réaliser les analogues, dans les belles expériences de M. Favre. Je veux parler de ces phénomènes de *glissements* très étendus de l'ensemble des terrains récents sur celui des terrains anciens qui forme leur base, et aussi des différentes assises récentes les unes sur les autres; glissements sans lesquels il me paraît impossible de comprendre la formation des plis tels qu'ils se présentent dans les chaînes de montagnes ainsi constituées. La plupart des systèmes de montagnes montrent des couches plissées, et en même temps des *failles*. Les montagnes formées

purement et simplement par plissement, comme les parties du Jura suisse qui en sont toujours citées comme exemples classiques, depuis les travaux de Thurmann, sont, en définitive, des cas exceptionnels, d'une étendue relativement restreinte. Dans les Alpes, et même dans le Jura français, les *failles* sont bien réellement les faits de premier ordre, par leur constance et leur continuité sur des longueurs qui atteignent parfois 30 ou 40 lieues.

Les plissements sont des faits bien moins continus en direction, bien plus limités en longueur et essentiellement subordonnés à ces *failles*, entre lesquelles ils se sont produits, consécutivement à ces grandes fractures.

Ces plis du Jura ou de nos chaînes subalpines, dans lesquels ne se trouve impliqué qu'un ensemble limité de terrains, tous concordants, ne descendant pas plus bas que le *trias*, me paraissent de tous points comparables aux plis du *trias* et du *lias* dans nos massifs de l'Oisans. Mais, sous ces derniers, à la faveur de profondes coupures transversales, nous pouvons voir un soubassement formé de terrains anciens qui n'ont point subi ces plissements, qui ont été seulement fracturés par des *failles*, en conservant les inclinaisons et les orientations qu'ils devaient à des mouvements d'une tout autre époque. N'est-il point probable que nous trouverions quelque chose d'analogue si nous pouvions sonder ce qu'il y a sous le Jura ou sous les chaînes crétacées de la région subalpine? Et dès lors, n'est-il pas permis d'attribuer un certain degré d'importance générale à ces *glissements*, qui sont si manifestement le principe de ces replis, aussi grandioses que compliqués, des couches secondaires, dans toute notre *zone du mont Blanc?*

Quant aux causes fondamentales de ces *glissements*, je ne sais si je me fais illusion, mais je crois qu'il est à peu près inutile de les chercher ailleurs que dans la force dominante générale qui intervient dans tous les phénomènes du globe terrestre, je veux dire la *pesanteur*.

Sous l'action de cette seule grande cause, et en tenant compte de la flexibilité et de la plasticité relatives des couches, de leur mobilité par glissement les unes sur les autres, faits si bien mis en évidence par l'étude de toutes les montagnes plissées, on peut se représenter un ensemble d'étages stratifiés s'affaissant et se modelant, sans rupture complète, sur les inégalités de sa base disloquée; chacune des *failles* de la masse rigide inférieure déterminant ainsi un *plissement* dans la couverture flexible qui s'y adapte, en se déchirant seulement suivant les failles principales et les autres directions où la tension est la plus forte. On peut considérer, sur de plus grandes dimensions, une large zone de terrains flexibles (par exemple de la largeur du Jura bernois, 35 ou 40 kilomètres) glissant doucement sur une base plus ou moins inclinée, en s'affaissant sur eux-mêmes vers le pied d'une grande faille : il en résultera une poussée de plus en plus forte, qui déterminera, parallèlement au pied de la *faille*, d'abord un pli, puis plusieurs autres consécutivement; et ces plis s'accumuleront les uns à côté des autres, suivant l'intensité de la faille et la pente qui en résulte, suivant la masse des terrains mis en mouvement et suivant la *flexibilité* plus ou moins grande de leurs diverses assises.

Il semble que cette cause si simple et si générale peut, dans bien des cas, intervenir pour une grande part dans les essais de théorie relatifs à la forma-

tion des montagnes par plissement, en subordonnant ainsi, comme elles me paraissent l'être d'une manière très générale, les chaînes de plissement aux grandes *failles* auxquelles elles sont coordonnées en direction. (Applaudissements répétés.)

M. Hébert, *président du Congrès*, donne à l'assemblée quelques avis importants sur la visite des collections de Paris, celles de l'École des mines et de la Sorbonne notamment; sur l'exposition du service de la carte géologique détaillée de la France; enfin sur les excursions que la Société géologique fera à l'intention de MM. les Membres du Congrès et dont le programme leur a été distribué [1].

La parole est à M. de Chancourtois.

ÉTUDE DES ALIGNEMENTS

OROGRAPHIQUES, HYDROGRAPHIQUES ET STRATIGRAPHIQUES.

(Détermination et coordination des faits d'observation comprenant depuis les lignes d'accidentation générale jusqu'aux traits de détail marqués par les effets de fracture, fissures, failles et filons.)

M. de Chancourtois. Messieurs, en m'inscrivant pour parler sur la question des alignements, je n'avais en vue que la constatation des faits naturels et leur systématisation; mais, la cause même de ces faits ayant été portée à l'ordre du jour par les intéressants exposés que MM. Favre et Daubrée viennent de faire sur leurs belles et curieuses expériences imitatives, j'ai pensé qu'il n'était pas hors de propos de préluder à ma communication en vous présentant les résultats d'une expérience du même genre relative, non au détail, mais à l'ensemble des phénomènes de ridement et de cassure de l'écorce terrestre.

IMITATION AUTOMATIQUE DES CHAÎNES DE MONTAGNES SUR UN GLOBE.

M. Favre nous rappelait tout à l'heure la théorie classique de géogénie, établie sur l'hypothèse de la fluidité ignée intérieure, d'après laquelle la contraction du noyau fluide force l'écorce solidifiée, d'abord à se gauchir, puis à se rider pour se rapprocher dans l'ensemble de la forme sphéroïdale régulière et à produire ainsi par refoulement le *soulèvement* relatif des chaînes de montagnes.

Cette théorie a été si bien développée que je n'ai pas besoin d'y revenir pour préparer l'explication d'une expérience qui peut la confirmer en faisant pour ainsi dire assister à la formation des bourrelets montagneux par une imitation automatique des phénomènes naturels.

Lorsque, il y a vingt-cinq ans environ, on a commencé à mettre en circulation ces petits ballons de caoutchouc qui servent de jouets aux enfants, je pensai à profiter de leur élasticité pour simuler la contraction due au refroi-

[1] Voir aux Annexes le programme de ces excursions.

dissement. Je pris un ballon un peu surgonflé, destiné à jouer le rôle du noyau liquide, et je le trempai dans un bain de cire fondue, où il se recouvrit d'une couche de cire figée, destinée à jouer le rôle de l'écorce. J'avais eu soin d'huiler préalablement la surface du ballon, qui d'ailleurs, à cette époque, n'était pas comme aujourd'hui en caoutchouc vulcanisé, de manière que la couche de cire pût y glisser facilement. Les choses mises en cet état, je laissai échapper l'air qui distendait le ballon ; je vis alors se former des méplats dont les contours bossués ne tardèrent pas à se résoudre en petites rides, avec chevauchements partiels, tout à fait analogues aux chaînes de montagnes du globe.

Je ne donnai pas suite à cette expérience parce que la conservation nécessaire d'un point d'attache me paraissait incompatible avec la réalisation des conditions de régularité propres au globe terrestre isolé, et qu'il me semblait par suite impossible d'arriver à manifester la loi géométrique des ridements, ce qui était l'objet de ma préoccupation, tandis que j'attachais peu d'intérêt à la justification du principe des soulèvements qui me paraissait indiscutable.

C'est seulement lorsque furent produites les expérimentations qui viennent de vous être exposées que je songeai que la mienne pouvait avoir quelque utilité pour la vulgarisation du principe des soulèvements et que j'en consignai le programme dans une note qui fut insérée aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (20 avril 1878).

Aujourd'hui, je puis mettre sous vos yeux des résultats obtenus d'après ce programme, non pas par moi, mais par deux dames qui, curieuses de se rendre compte du phénomène naturel, ont répété l'expérience et l'ont, comme vous voyez, parfaitement réussie. (Ces globes ont été présentés à l'Académie des sciences avec une note insérée aux Comptes rendus, 8 juillet 1878.)

Il arrive souvent que dans la crise déterminée sur la couche de cire, la matière lubrifiante est chassée par les fissures de la couche consolidée de manière à simuler les éruptions, et l'on pourrait sans doute perfectionner l'expérience de manière à lui faire imiter la plupart des circonstances d'un soulèvement terrestre.

Si vous voulez bien jeter les yeux sur ces deux spécimens [1], vous y trouverez les différents caractères des bourrelets montagneux, formés, tantôt par de simples rebroussements, tantôt par des remplis ou des chevauchements d'un compartiment sur le voisin. Tous les accidents sont relativement exagérés, parce qu'il a fallu forcer beaucoup les conditions de l'imitation pour en rendre les effets sensibles. Les plus hautes montagnes de la terre représentées à l'échelle de ce globe n'auraient pas un dixième de millimètre.

Vous remarquerez aussi qu'il est rare que les ridements soient véritablement courbes : ils affectent des formes polygonales, et lorsqu'une ride est très prolongée, le caractère de grand cercle est nettement accusé dans l'ensemble de son parcours.

Cette remarque me ramène à la question des alignements, non plus imités, mais observés sur le globe.

[1] Dont la planche ci-jointe offre les photographies.

IMITATION AUTOMATIQUE DES CHAINES DE MONTAGNES

sur un Globe réduit au 100 000 000ème

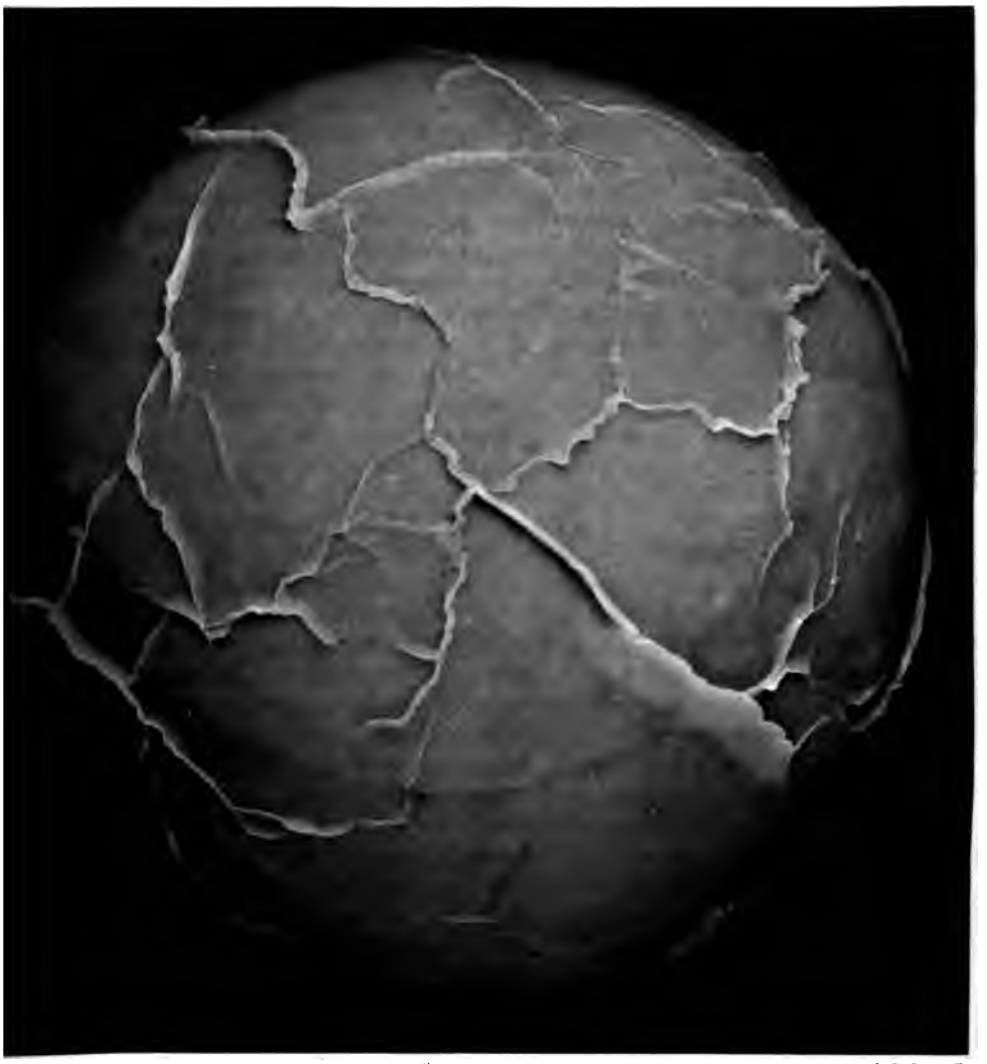
A.E.B.D.C. *Velloo Dujardin* L.R.

1er Specimen. — Ecorce mince

tendance aux formes polygonales avec simples rebroussements

IMITATION AUTOMATIQUE DES CHAINES DE MONTAGNES

sur un Globe réduit au 100 000 000ème



Héliog Dujardin

L. R. T. - M. T

2e Specimen — Ecorce épaisse

tendance aux longs alignements avec chevauchements

Mais, avant de quitter le domaine de l'expérimentation, je désire faire, à l'endroit de son intervention en géologie, une réserve qui me paraît d'autant plus nécessaire que la présentation d'une imitation automatique des chaînes de montagnes peut m'en faire paraître très partisan, tandis que je serais presque tenté de m'excuser d'avoir provoqué cet essai. Si je reconnais assurément tout l'intérêt et toute l'utilité que peuvent avoir, pour l'éclaircissement et la vulgarisation des principes de géogénie, les expériences imitatives aussi remarquables que celles qui viennent d'être décrites par M. Alphonse Favre et M. Daubrée, je ne voudrais en aucune façon contribuer à faire considérer la géologie comme une science d'*expérimentation*.

J'ai le regret de paraître, à cet égard, être en désaccord avec mon éminent directeur, puisqu'il groupe, sous le titre de «Géologie expérimentale», toutes les expériences de chimie, de physique et de mécanique, dont les résultats, fortuits ou provoqués, présentent des analogies notables avec les faits géologiques.

Cette association de mots me semble en contradiction avec le caractère essentiel de la géologie, qui est une science d'*observation*. Son emploi, qui a, il est vrai, l'avantage de faire profiter notre science de la faveur dont jouissent les recherches poursuivies par les expériences artificielles, n'est pas, suivant moi, sans inconvénient, je dirais presque sans danger, car les jeunes gens ne sont que trop portés à se confiner dans les laboratoires au détriment de l'observation pure et simple de la nature, si saine et en même temps si féconde.

ÉTUDE GRAPHIQUE DES FAITS D'ALIGNEMENT.

L'étude générale des surfaces de division de l'écorce terrestre, voisines de la *verticalité*, dont plusieurs genres ont été considérés dans les communications précédentes, constitue une partie de la stratigraphie, non moins importante que l'étude des surfaces voisines de l'*horizontalité*, à laquelle elle se rattache d'ailleurs inévitablement; et son importance est aussi grande au point de vue pratique qu'au point de vue théorique, puisque les surfaces de fracture en question comprennent comme cas particuliers : d'une part, les filons, c'est-à-dire les fentes remplies par les injections ou les incrustations métallifères; d'autre part, les failles, c'est-à-dire les fentes stériles suivant lesquelles ont eu lieu les glissements qui interrompent et rejettent soit les filons métallifères, soit les couches de combustible, produisant ainsi des effets dont il est indispensable de se rendre compte pour la conduite des exploitations.

Or, cette partie de la stratigraphie a nécessairement pour base l'étude des lignes d'affleurement des fentes ou fissures et des traits de la configuration géologique qui en accusent la direction; comme les crêtes et les thalwegs des régions montagneuses, qui coïncident souvent avec des failles importantes ou avec des arêtes de plis synclinaux ou anticlinaux, et, dans tous les cas, signalent les orientations des systèmes d'accidents, cortèges respectifs de tous les ridements de l'écorce; comme aussi les sillons des plaines où les cours d'eau tendent naturellement à suivre les traces des fractures.

Les différentes sortes de lignes que l'on a lieu de considérer ainsi se raccordent souvent en prolongement, de manière à marquer sur le globe des fuseaux plus ou moins continus et plus ou moins étroits, dont les grands cercles moyens, dits *cercles de comparaison*, constituent les *alignements géologiques* dans l'acception du terme la plus abstraite, mais aussi la plus étendue.

C'est de l'étude des alignements géologiques comprenant depuis les faits de détail de l'ordre topographique jusqu'aux faits géographiques les plus généraux condensés dans les cercles de comparaison, que je vous demande la permission de vous entretenir à l'aide de ce cadre de cartes où j'ai réuni, pour l'exposition faite par l'École des mines dans le pavillon du Ministère des travaux publics, des applications graduées de la méthode graphique, exécutées en partie sur des cartes *gnomoniques* dressées exprès pour ce genre de recherches et montrant des résultats dignes d'intérêt.

Les alignements peuvent d'abord être étudiés à la règle sur des *cartes topographiques* qui sont dressées à des échelles supérieures au 100 000e, c'est-à-dire assez grandes pour que les arcs de grands cercles qui représentent les alignements sur la sphère y soient traduits par des lignes sensiblement droites dans l'étendue d'une feuille ou de quelques feuilles juxtaposées.

Par la simple application d'une règle, on découvre toujours facilement les traces d'un assez grand nombre de fissures manifestées par des traits de cours d'eau ou jalonnées par des produits exceptionnels d'émanation, tels que les minerais de fer qui se sont dégagés en certains points d'une même fissure.

De plus, en opérant avec une équerre glissant sur une règle, ou avec l'instrument dit T rapporteur, dont la règle peut prendre toutes les inclinaisons sur le bord de la planche où sont fixées les feuilles, on reconnaît que les orientations des divers alignements rapportés sur une *Rose des directions* s'y condensent nettement, suivant un petit nombre de rayons, qui sont en général perpendiculaires deux à deux.

Enfin, si on rapporte sur la rose d'une région les directions qui marquent dans cette région ou dans les régions voisines les grands traits de la configuration du globe, on constate aussi en général beaucoup de concordances.

Les résultats d'une première étude de ce genre, faite dans la région de la Haute-Marne, ont été figurés, en 1860, sur la carte géologique au 80 000e du département de ce nom, et décrits dans les « Études stratigraphiques » y relatives; publications sur les titres desquelles Élie de Beaumont m'a fait l'insigne honneur de mettre mon nom à côté du sien.

Afin de ne pas me servir d'un document déjà ancien et précédemment exposé, j'ai fait, pour l'Exposition de 1878, une nouvelle étude qui figure en tête de ce cadre et porte, vous le voyez, sur la région nord de la France.

La carte sur laquelle j'ai opéré est un fragment de la carte détaillée de la France, formé avec les feuilles de Montreuil, d'Arras, de Boulogne et de Saint-Omer, exécutées par M. Potier et par M. Douvillé. Ces feuilles font partie des vingt-deux qui ont été établies pendant que j'étais sous-directeur du service auprès de mon illustre maître, et dans lesquelles j'avais cherché à faire réaliser les meilleures conditions pour ce genre d'étude comme pour tous les autres; j'avais d'ailleurs particulièrement exploré le terrain pendant la prépa-

ration du grand fragment de soixante-deux feuilles, dont l'exposition, faite à titre provisoire en 1867, a déterminé la fondation définitive de l'entreprise. Je crois donc pouvoir présenter avec confiance ce spécimen d'étude de l'ordre topographique au sujet duquel je m'abstiendrai d'ailleurs aujourd'hui de remarques particulières, si ce n'est pour appeler votre attention sur la netteté des alignements jalonnés par les gîtes et sur leur concordance avec les directions autrement déterminées.

Les faits d'alignement peuvent être ensuite étudiés sur des cartes géographiques à grande échelle.

Si, comme nous l'espérons, vous voulez bien, Messieurs, visiter l'École des mines, vous pourrez y voir la minute du travail concernant les distributions des gîtes de fer et des gîtes minéraux en général, exécuté sur le tiers Nord-Est de la carte géologique de France au 500 000e, dont les résultats ont été publiés dans les études stratigraphiques susmentionnées.

La seconde étude comprise dans le cadre a pour base le petit tableau d'assemblage au 2 000 000e de la même carte géologique de la France, exécutée sur le canevas de Cassini. Dans ces conditions, les grands cercles sont encore assez peu différents des lignes droites, et on peut opérer à la règle des reconnaissances assez approximatives.

La reconnaissance, pour ne pas dire l'étude, dont le résultat est figuré, vous permet d'apprécier : d'abord l'importance de la direction du Rhin en Alsace et de la direction perpendiculaire marquée par les Pyrénées; puis celle de la direction du Rhin au-dessous de Coblentz et de la direction perpendiculaire marquée dans les Alpes pennines.

Quand on veut augmenter la portée des cartes par la diminution de l'échelle, les grands cercles sont représentés par des lignes très sinueuses; et, pour suivre les alignements autrement que par le calcul trigonométrique, il faut avoir recours à des cartes faites dans le système de la projection gnomonique, où les grands cercles sont rigoureusement représentés par des droites.

Pour l'Europe et les régions voisines, on peut se servir de la petite projection gnomonique qui a été publiée par Élie de Beaumont, dans sa Notice sur les systèmes de montagnes, sous le titre de *Pentagone européen*. Mais, comme cette carte est trop petite pour qu'on puisse y tenir compte de certains détails et qu'elle n'est pas orographique, je l'ai fait agrandir par la photographie à l'échelle du 20 000 000e. Vous en voyez un exemplaire, où, à la reproduction des contours originaux, principalement hydrographiques, on a ajouté une esquisse de l'orographie et qui offre des tracés d'alignement sur lesquels j'appellerai tout à l'heure votre attention.

Je désire auparavant, Messieurs, vous parler des moyens de poursuivre et de comparer les alignements sur le *Globe entier*.

On peut, à cet effet, employer des *globes de précision*, auxquels sont adaptés des *instruments sphérodésiques* (règle, équerre et compas) qui rendent facile de dessiner sur la sphère comme sur un plan.

On peut aussi avoir recours à des *appareils armillaires* également de précision. J'ai demandé à M. Dumoulin-Froment des appareils de ce genre, qui permettent non seulement de tracer exactement un grand cercle quelconque,

mais aussi de passer en revue tous les grands cercles *conjugués* par un grand cercle *normal* commun, en suspendant le globe entre deux *coupoles*, dans l'axe desquelles on amène l'axe de ce normal.

Un de ces appareils armillaires a pris place avec des globes et des instruments sphérodésiques, exécutés par le même constructeur, dans l'exposition de l'École des mines; mais je n'ai pas voulu transporter ici tout ce matériel, pouvant d'ailleurs vous présenter une carte qui dispense, à la rigueur, de son emploi.

Cette carte, dont vous voyez ici deux exemplaires, est l'*Octo-planisphère*, formé par le développement d'un octaèdre circonscrit, correspondant au globe réduit au 100 000 000e, sur les faces duquel les configurations géographiques ont été projetées gnomoniquement, c'est-à-dire par les rayons prolongés. Chaque triangle a été dessiné avec beaucoup de soin par M. Picard, le très savant et très habile géographe que nous avons eu le malheur de perdre, à l'aide des calculs faits par M. Thoulet, pour la construction du canevas. La gravure des huit triangles groupés en développement a été ensuite obtenue, par héliographie, dans l'établissement de M. Dujardin.

Avec une telle carte, un grand cercle quelconque, qui dans chaque triangle sera représenté par une ligne droite, pourra être suivi à la règle sur le globe entier, pourvu que l'on sache : premièrement, construire sur une face le prolongement, nécessairement dévié, d'un alignement déterminé sur une face adjacente; secondement, déterminer, sur l'arête commune à deux faces, le point où viennent concourir les deux droites qui représentent l'alignement de deux points donnés chacun sur une de ces faces.

Les solutions de ces problèmes de géométrie élémentaire sont expliquées par une feuille de texte et peuvent être construites sur une seconde planche, qui accompagne l'octo-planisphère dont elle reproduit seulement le canevas géodésique.

Sur cette seconde planche, que vous voyez aussi dans le cadre, j'ai fait, de plus, tracer le *Réseau pentagonal*, qui est seulement jalonné, par ses points principaux, sur la carte, de manière à réunir tous les moyens, non seulement d'investigation, mais aussi de systématisation, dans l'instrument géographique qui est mis aujourd'hui à la disposition des géologues pour l'étude des faits d'alignement, par sa publication chez M. Bertaux.

Je vais maintenant, Messieurs, vous signaler quelques-uns des résultats que j'ai obtenus par ces moyens et qui sont mis au net sur le pentagone européen agrandi ou sur les deux octo-planisphères.

Je commencerai par l'énoncé de principes de systématisation qui ressortent directement de l'observation et ne sont d'ailleurs que des généralisations du principe de parallélisme local admis de tout temps.

On peut distinguer, dans l'ensemble des *cercles de comparaison*, des systèmes déterminés chacun par un *grand cercle normal* commun.

Dans un système, on peut ensuite distinguer des cercles qui jouent le rôle de normaux pour d'autres systèmes, dont le normal du premier fait nécessairement partie; et ces nouveaux cercles normaux se présentent par couples à angle droit, qui forment avec le premier des trios rectangulaires, que l'on

pourrait appeler *orthotricycles*, divisant chacun la surface de la terre en huit triangles trirectangles, que l'on pourrait appeler *orthotrigones*.

Si donc on établit une carte en projection gnomonique sur le plan tangent au sommet de l'un des triangles trirectangles formés par les normaux d'un trio, l'un des trois systèmes y sera représenté par des lignes rayonnantes, et les deux autres par deux séries de lignes parallèles se croisant à angle droit.

Deux tels réticules d'alignement se manifestent clairement sur la carte du pentagone européen, dont le point de contact a d'ailleurs été choisi comme étant un point de rayonnement, puisqu'il est le centre du pentagone; ce qui doit donner à penser que le point de contact est un sommet commun à deux triangles, ou du moins est voisin d'un tel sommet.

Quoi qu'il en soit à cet égard, l'existence des deux réticules d'alignement croisés, dont les directions typiques concordent avec celles que je signalais tout à l'heure dans la reconnaissance faite sur la petite carte de France, est un fait géologique des plus remarquables. On serait tenté de comparer la géographie de l'Europe à une broderie faite sur ce double réticule comme canevas.

Pour vous faire apprécier l'importance et la netteté des rapports que je viens de résumer, il me suffira de vous citer quelques faits.

Le cercle de comparaison déterminé par la direction du Rhin en Alsace, rapportée au centre du pentagone européen, c'est-à-dire le cercle appelé, par Élie de Beaumont, *primitif* du Rhin et de la Nouvelle-Zemble, est évidemment un *normal*.

Parmi les alignements qui lui sont perpendiculaires, il convient de rappeler d'abord le faisceau qui comprend les Pyrénées et la ligne qui joint l'Etna au Sinaï, dont la direction se reconnaît à l'Etna même dans les échancrures du val del Bove.

Mais je tiens surtout à vous signaler, un peu au nord de ce faisceau, une ligne parallèle à la côte de Provence près de Marseille, qui, jalonnée, par le Vésuve, où elle marque exactement la trace de la fracture qui limite l'hémicycle de la Somma, va ensuite relever Santorin, ce qui semble bien prouver que les deux volcans sont situés sur une même fracture de l'écorce.

Un faisceau d'alignements, qui correspond aux massifs trappéens des Féroë et de l'Islande, et dont j'avais été amené à distinguer d'abord le prolongement, en Amérique, parce qu'il comprend les principales sources de pétrole de la vallée de l'Ohio, se trouve comprendre à l'extrémité du Caucase, dans la presqu'île d'Apschéron, les gîtes de la même substance qui ont fait de Bakou le lieu classique de l'adoration du feu. Sur son parcours, en Scandinavie et en Russie, il s'est produit, dans les dernières années, plusieurs phénomènes de trépidation et d'effondrement, et la partie de la chaîne du Caucase qu'il traverse obliquement, doit être réputée caverneuse d'après les résultats des observations géodésiques.

Quelques traits de ce faisceau sont nettement indiqués par le cours du Saint-Laurent, et l'un d'eux, prolongé en Europe, va marquer le cours inférieur du Volga après avoir relevé dans son passage en Islande la solfatare bitumineuse du Krafla.

Plusieurs alignements importants se trouvant, sur la projection gnomonique du pentagone européen, très exactement parallèles au normal du Rhin, il y a lieu de penser que l'un des normaux qui lui sont perpendiculaires, passe aussi par le point de contact du plan de projection et n'est autre que le cercle de comparaison appelé, par Élie de Beaumont, *bissecteur* de Bassorah. Les alignements d'Europe poursuivis sur le globe, d'après cette donnée, semblent la justifier, comme vous pouvez le voir sur le premier octo-planisphère.

Le cercle de comparaison déterminé par la direction générale du Rhin, au-dessous de Coblentz, rapportée encore au centre du pentagone européen, a aussi tous les caractères d'un normal que j'appelle cercle du Tanganjika, parce qu'il marque, en Afrique, la direction du lac de ce nom.

Parmi les alignements perpendiculaires à ce normal, j'ai remarqué, depuis longtemps, une ligne qui, passant par les marais de Pinsk et longeant l'Erzgebirge et la côte d'Or, conserve son caractère anticlinal jusque dans les plaines de la Russie, où le Volga est obligé de chercher, par un détour, une coupure qui lui permette de la franchir.

Le figuré orographique ajouté sur la carte photographiée m'a fait reconnaître que les plus hauts sommets du Tatra, des Alpes et des Pyrénées, sont compris dans un mince faisceau de la même direction, comme si ces sommets étaient le résultat d'interférences où une ondulation perpendiculaire au normal aurait joué le principal rôle.

Un alignement, déterminé par le crochet méridional des Carpathes, passe par le détroit de Bonifacio, longe les Baléares, la Sierra-Nevada et va couper l'île de Ténériffe dans sa longueur, en limitant l'hémicycle du pic, absolument comme le perpendiculaire au Rhin, dont je parlais tout à l'heure, limite l'hémicycle de la Somma.

Ce système d'alignement est aussi très intéressant au point de vue de la distribution des gîtes. C'est, par exemple, sur une ligne de cette direction, que se trouvent à la fois les gîtes de fer d'Arendal et de Dannemora; un faisceau d'environ un degré de largeur comprend les principaux gîtes de sel de l'Europe méridionale, depuis Briviesca, en Espagne, jusqu'à Illetzkaja-zaschtschita, en Russie.

Un des normaux perpendiculaires au normal du Tanganjika passe aussi au centre du pentagone européen, ou du moins dans son voisinage, à en juger par les alignements exactement parallèles à ce dernier.

Parmi ces alignements, je citerai celui qui, donné par le cours moyen du Rhin, au-dessous de Coblentz, va passer exactement par l'Etna; de sorte que, selon moi, le cours du Rhin inférieur suit un très mince faisceau de fissures de l'écorce terrestre, sur lequel se trouve la cheminée du volcan et qui, peut-être fort ancien, a reparu à travers les sédiments nouveaux, comme les lézardes reparaissent dans les murs à travers des badigeons.

Je citerai encore : l'alignement des côtes nord-est d'Angleterre, qui va passer par le mont Blanc; celui des côtes sud-ouest de la France, qui se prolonge dans l'estuaire de la Gironde; enfin, celui sur lequel, par une coïncidence bien curieuse, se trouvent Londres, Paris et Lyon.

J'adopte provisoirement, comme normal de ce système, un cercle partant

du centre du pentagone qui marque la direction de la *basse Loire* et va passer aux bouches de l'*Amazone*.

Les directions perpendiculaires aux normaux du Tanganjika et de la basse Loire, ou, ce qui revient au même, dans la partie centrale de l'Europe, les directions parallèles à ces deux cercles, sont accusées, d'une manière frappante, dans le trait carré marqué au pied du mont Blanc, par le cours du Rhône en amont et en aval de Martigny.

Je ne pouvais manquer de les retrouver parmi les directions que M. Kjerulf a distinguées en Norvège et elles sont, en effet, nettement représentées dans l'esquisse publiée par notre éminent confrère.

En ce qui concerne les alignements de gîtes minéraux, je me bornerai à citer la coïncidence sur une même ligne de Freyberg et de Przibram.

Je ne viens d'insister que sur les faits observés en Europe. Je regrette, Messieurs, que le temps ne me permette pas de vous demander de suivre, sur tout le globe, le prolongement de quelques-uns de ces divers alignements; mais vous pouvez voir par les tracés exécutés sur l'octo-planisphère, que le système du normal perpendiculaire au cercle du Tanganjika, dans lequel celui-ci entre comme simple cercle de comparaison, relie, d'une manière frappante, la configuration de l'Europe avec celle de l'Afrique, par ses alignements rayonnant d'un point situé au sud du canal de Mozambique.

L'ajustage de ces lignes, en Afrique, gagnerait peut-être en précision, si le point se trouvait encore un peu plus au Sud, à plus d'un quadrant du centre du pentagone européen; autrement dit, si l'on prenait comme normal, le cercle que j'ai appelé du haut Danube, qui, aussi bien que celui de la basse Loire, pénètre en Amérique par les bouches de l'Amazone; mais cette réserve, que je dois faire en attendant les résultats d'une contre-épreuve encore sur le chantier, n'infirme en rien le principe de la conjugaison du système par un normal.

Ce principe était déjà posé dans les premières parties du mémoire sur la *Coordination des sources de pétrole, des dépôts bitumineux et des gîtes minéraux en général*, dont trois extraits, insérés au compte rendu de l'Académie des sciences en 1863, ont été réunis, après correction et avec quelques développements, dans un fascicule que j'ai l'honneur d'adresser aux Membres du Congrès.

Si vous voulez bien, Messieurs, jeter les yeux sur ce fascicule, vous verrez que les alignements, qui ont d'abord attiré mon attention, au point de vue de la distribution des gîtes, faisaient précisément partie du faisceau perpendiculaire au cercle du Rhin, dont je vous entretenais tout à l'heure, et que les systèmes, dont les cercles normaux sont celui du Tanganjika et celui de la basse Loire, ou celui du haut Danube, sont spécialement l'objet de la troisième note.

C'est pour faire apprécier ces faits *de visu*, avant d'aller plus loin, que j'ai entrepris l'exécution de l'octo-planisphère dont la publication, enfin terminée, va me permettre de produire une suite de ce mémoire et d'insister sur une de ses conclusions : le groupement des normaux par trios rectangulaires.

La justification de ce premier degré de systématisation disposera, je l'espère, à admettre la nécessité d'une systématisation supérieure, consistant dans la liaison de tous les normaux par la symétrie du réseau pentagonal.

Si je n'ai pas fait dominer la théorie du réseau, dans le présent exposé

comme dans le titre de mon mémoire, ce n'est pas assurément que ma conviction de sa réalité soit le moins du monde ébranlée.

Mais j'ai pensé que dans l'intérêt même de sa vulgarisation, il valait mieux m'attacher aujourd'hui à sa base : l'*observation des faits d'alignement*. Et vous voyez que, néanmoins, la considération du réseau intervient implicitement dans toutes les parties de mon étude, puisque, d'abord, les alignements que j'ai relevés au début, ont pour normal le cercle de comparaison du Rhin, classé dans le réseau comme primitif, c'est-à-dire comme l'un des cercles qui admettent le plus de conjugués perpendiculaires; et qu'ensuite, les réticules que j'ai particulièrement étudiés, sont manifestés dans la condition de rectangularité graphique sur le plan de projection gnomonique dont le point de contact est au centre du pentagone européen.

Je dois ajouter que, dans mes recherches, tous les alignements dont la détermination prêtait à un tâtonnement, acquéraient une efficacité supérieure, lorsque je les assujettissais à passer par des points du réseau pentagonal. Ce fait tend évidemment à établir, non seulement la valeur du réseau comme donnant la loi des configurations géologiques, mais aussi la justesse de l'application qui en a été faite par l'auteur même de la découverte.

Je suis heureux de terminer ma communication par une remarque conclusive, qui tend à la confirmation pleine et entière de l'œuvre finale d'Elie de Beaumont. (Applaudissements.)

M. le Président. Si personne ne demande à présenter d'observations sur la communication de M. de Chancourtois, je donnerai la parole à M. de Lapparent.

LES PLISSEMENTS DE LA CRAIE

ENTRE LA FRANCE ET L'ANGLETERRE

À PROPOS DU CHEMIN DE FER SOUS-MARIN.

M. de Lapparent. Messieurs, les communications qui viennent de vous être faites ont toutes été inspirées par une même tendance : celle d'expliquer, soit par des expériences, soit par une coordination raisonnée et méthodique des faits, les choses que l'observation nous montre tous les jours.

Le sujet dont je vais vous entretenir est d'un tout autre caractère, et je devrai vous faire descendre des hauteurs de la théorie pour vous ramener à une simple question de pratique. Je me propose, en effet, de vous entretenir d'une méthode nouvelle en géologie, d'une méthode d'exploration sous-marine qui a servi à résoudre une question stratigraphique des plus intéressantes.

Vous savez que si l'exécution d'un travail tel que celui du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre est possible, ce ne peut être qu'à la condition d'opérer le percement dans une couche favorable, au double point de vue de la ténacité et de l'imperméabilité. Il s'agissait donc de savoir : 1° si cette couche existait; 2° si son allure permettrait l'établissement de l'ouvrage projeté, sans qu'on eût à courir le risque de sortir de cette couche pour entrer dans une autre qui aurait présenté des difficultés sérieuses.

On s'est donc proposé de rechercher la solution de ce double problème :

1° Existe-t-il sous le détroit une couche satisfaisante au point de vue de la ténacité et de l'imperméabilité?

2° Cette couche est-elle régulière ou est-elle affectée par des dislocations? Et si ces dislocations existent, ont-elles le caractère de simples plis, ou celui de failles avec dénivellation?

Ceux qui connaissent la géologie du Pas-de-Calais savent que, sur les deux rives de ce détroit, les massifs crayeux se présentent avec des caractères semblables et une épaisseur à peu près identique. Cela étant, il était naturel de penser que le même massif de craie devait se continuer sous le détroit. De plus, il était évident que, parmi ces différentes couches, celles qui se trouvent à la base de la craie glauconieuse seraient impossibles à traverser, les unes, à cause de leur perméabilité; les autres, à cause de leur consistance trop argileuse. Il était également impossible de songer à traverser les couches de craie blanche, à cause des nombreuses fissures qui les recoupent. Force était donc de se réduire à la couche de *craie grise*, ou *grey chalk marl*, comme l'appellent les Anglais; couche à la fois tenace, imperméable et exempte de fissures. La première partie du problème était ainsi résolue : on avait une couche suffisante au point de vue de la ténacité et de l'imperméabilité.

Il s'agissait alors de résoudre la deuxième partie de la question : Les dislocations dont cette couche peut être affectée sont-elles des plissements ou des failles?

Tout d'abord, il était évident qu'on ne pouvait pas compter sur une couche absolument exempte de plis. En effet, l'alignement des couches sur la côte française étant dirigé du Sud au Nord, tandis que, sur la côte anglaise, il affecte une direction de l'Ouest à l'Est, ces deux allures ne pouvaient se raccorder l'une avec l'autre que par un coude intermédiaire.

Il fallait donc s'attendre à un plissement, mais ce plissement pouvait être simple ou accompagné de fractures. Pour arriver à une détermination certaine on eut recours à une considération à la fois géologique et géométrique, qui ne surprendra aucun géologue habitué aux problèmes de la stratigraphie. La ligne d'affleurement d'une couche n'étant rien autre chose que l'intersection de la surface topographique du fond de la mer par la surface, plus ou moins compliquée, qui sépare deux assises géologiques consécutives, et la surface du fond de la mer étant connue au moyen des sondages, on peut, *a priori*, prévoir la courbe d'intersection qui en résulterait pour une couche plane régulière, affectée d'un plongement connu et exempte d'accidents. La couche choisie pour point de repère fut la couche de craie glauconieuse (*chloritic marl*), qui sépare le massif crayeux de l'argile du gault. Si cette couche eût été plane, son intersection avec la surface du fond de la mer n'aurait pas présenté d'autres ondulations que celles qui résultent de l'allure plus ou moins accidentée de cette surface; et l'allure topographique du fond de la mer étant connue, tout géomètre se fût engagé à tracer à l'avance la ligne d'affleurement de cette couche dans l'hypothèse indiquée. Par conséquent, en traçant cette ligne d'affleurement, non plus par un procédé géométrique *a priori*, mais à l'aide d'observations con-

venablement appropriées, toutes les déviations que la ligne observée présenterait par rapport à la ligne calculée, devraient être attribuées à des dislocations. Bien entendu, le procédé ne permettait pas de reconnaître s'il existait des fissures non accompagnées de dénivellations, mais cet inconvénient ne semble pas grave, au point de vue du tunnel; car si des fissures semblables existaient, elles devraient avoir été oblitérées depuis longtemps par le frottement mutuel des parois. D'ailleurs on aurait tout au plus à traverser un passage pouvant présenter quelques difficultés d'épuisement; mais au delà de cette fente, on serait sûr de trouver de nouveau la couche favorable, tandis que la rencontre d'une faille avec dénivellation exposerait à ce danger, qu'après avoir cheminé à niveau constant dans une couche favorable, on se trouverait tout à coup en face d'une couche qui ne le serait pas, et où l'épuisement pourrait devenir tout à fait impossible. Or, une faille avec dénivellation doit se traduire, dans la ligne d'affleurement, par des interruptions brusques ou décrochements, tandis qu'un pli se traduit seulement par une courbe continue. Il était donc essentiel de connaître la ligne d'affleurement de la craie glauconieuse et de s'assurer de la nature des ondulations ou autres accidents qu'elle pouvait présenter.

La méthode employée pour cette exploration sous-marine était très simple. Elle consistait à faire tomber au fond de la mer, après avoir exactement déterminé l'emplacement du coup de sonde par des observations hydrographiques, un plomb de 50 kilogrammes muni en bas d'un tube de fer creux, qui, sous la pression du plomb et par la vitesse acquise, entrait dans le sol et découpait comme à l'emporte-pièce, pourvu qu'il n'y eût pas trop de gravier, un petit morceau de terrain sous-jacent. Seulement cette méthode présentait quelques difficultés d'application. Il fallait d'abord des jours très clairs pour pouvoir repérer la position du bateau, puis des procédés d'une grande exactitude pour la détermination des points à sonder; enfin il fallait lutter contre des courants marins, qui, dans le Pas-de-Calais, n'ont pas une vitesse moindre de 5 kilomètres à l'heure, et se renversent presque instantanément à chaque marée. On adopta donc le système suivant : on traçait à l'avance, sur la carte, une ligne parallèle à la côte et on s'efforçait de la suivre avec le bateau. Après avoir remonté le courant sur cette ligne jusqu'à son extrémité, on se laissait dériver en surveillant constamment la direction du bateau, pour la rectifier dès qu'elle s'écartait de l'alignement projeté. On jetait la sonde le plus souvent possible, soit environ deux fois en trois minutes. Les échantillons recueillis étaient immédiatement emmagasinés dans des tubes de verre, numérotés comme les coups de sonde. L'espace compris entre la France et l'Angleterre, de Douvres à Folkestone, d'une part, du cap Blanc-Nez au large de Calais, d'autre part, a été ainsi criblé d'une foule de sondages aussi rapprochés que possible, et dont la position a pu être rapportée avec exactitude sur une carte au 50 000e. La grande difficulté à prévoir dans cette campagne, difficulté qui eût été insurmontable si elle s'était produite dans de larges proportions, c'était la nature du sol du fond de la mer. Il suffisait, en effet, de quelques centimètres de gravier pour empêcher la pénétration du tube de fer adapté au plomb. Par bonheur, sur plus de sept mille coups de sonde donnés en 1875 et 1876, deux mille huit cents

ont rapporté des échantillons susceptibles d'une détermination géologique rigoureuse. On a pu ainsi, en indiquant sur la carte tous les points d'où la sonde avait ramené des échantillons, tracer avec une grande approximation la ligne d'affleurement. Dans le voisinage de la France, cette ligne chemine du Sud au Nord, pour se retourner ensuite brusquement autour du bas-fond des Quénocs et suivre alors une allure très régulière, de l'Est-Sud-Est à l'Ouest-Nord-Ouest, jusqu'à l'îlot de Varne; au delà, elle subit une inflexion assez prononcée, après laquelle se produit, tout contre la côte anglaise, un nouveau pli qui ramène la direction Est-Ouest observée sur la plage près de Folkestone.

Le nombre des échantillons recueillis a été assez grand pour qu'on ait pu tracer la ligne d'affleurement d'une manière continue, sauf à l'îlot de Varne où le fond de la mer est occupé par du gravier. Le résultat important de cette détermination est d'avoir prouvé que la ligne d'affleurement est continue et qu'elle ne présente aucun de ces décrochements qu'on devrait attribuer à une faille avec dénivellement. C'est là un résultat capital, au point de vue de la suite du travail à poursuivre, mais l'allure de la ligne n'est pas moins intéressante au seul point de vue géologique. En effet, quand on rapproche l'affleurement sous-marin de la craie glauconieuse, de celui de la même couche sur le continent et en Angleterre, on remarque que près de la côte française, au Blanc-Nez, la ligne de niveau de la craie glauconieuse fait un coude inverse de celui des Quénocs, pour reprendre très vite une direction parallèle à celle qu'elle a sous le détroit. Si, au contraire, on suit la couche au delà de la côte anglaise, on s'aperçoit qu'après avoir suivi la direction Est-Sud-Est et Ouest-Nord-Ouest, au pied de l'escarpement nord des Wealds, elle est affectée, au passage de la Medway, d'un pli assez brusque qui la rejette au Nord, après quoi elle reprend encore son allure normale. Ainsi l'accident qui a produit le soulèvement de la région wealdienne et du Boulonais, est dirigé, en grand, de l'Ouest-Nord-Ouest à l'Est-Sud-Est, et il a subi trois décrochements qui lui donnent une allure en *crémaillère*. Il était important d'étudier ces décrochements, parce que chacun d'eux aurait pu être considéré comme correspondant à une fente transversale. Or, il ne semble pas que les choses se passent ainsi, car dans les parties où la ligne d'affleurement a sa direction normale, les couches plongent avec une grande régularité, tandis que, dans les ondulations de la crémaillère, l'allure est confuse; ce qui n'aurait pas lieu s'il y avait un système de fentes ou de soulèvements tranversaux au premier.

Il est donc permis de ne voir dans ces crochets de la ligne d'affleurement, que l'influence d'accidents géologiques antérieurs qui ont dévié sa direction.

A l'aide des sondages et en se fondant sur l'épaisseur connue des couches, on a pu marquer avec une grande certitude la profondeur à laquelle se trouve le gault sous le détroit. C'est ainsi que M. Potier a tracé une carte où il a représenté par des courbes l'allure de la surface du gault, dans toute la traversée du détroit. Cette allure a été également figurée sur un plan en relief que vous pourrez voir à l'exposition du génie civil. On a donc obtenu, avec une certitude absolue, la configuration géométrique de la surface du gault entre les deux côtes. Ainsi, dans cette recherche, on a pu appliquer un procédé

qu'il serait bien désirable de voir plus souvent employé dans l'exécution des cartes géologiques, celui qui consiste à indiquer non seulement les affleurements superficiels, mais l'allure des couches en profondeur. C'est vers ce but que doivent visiblement tendre les efforts des géologues stratigraphes. Toutefois il est juste de reconnaître que la plupart des travaux de ce genre ne sont possibles que quand les géologues ont à leur disposition les moyens matériels d'exécution, et c'est là une circonstance rarement réalisée. C'est pourquoi je crois ne choquer les sentiments d'aucun de vous, en disant que la géologie doit une certaine gratitude à l'*Association française du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre*, pour la bonne volonté avec laquelle elle a mis son budget au service d'une étude d'apparence aussi théorique. Bien des gens pouvaient, au début, traiter de chimérique ce projet de chercher sous la mer l'affleurement d'une couche telle que la craie glauconieuse : il a fallu de la part du président de cette *Association*, M. Michel Chevalier, et de la part de l'administrateur délégué, M. Lavalley, une rare intelligence des besoins scientifiques de notre époque, pour s'engager dans une affaire aussi aléatoire. Je me flatte donc de l'espoir que vous ne me démentirez pas, si je dis que l'*Association française pour le canal sous-marin* a bien mérité de la géologie. J'ajoute que, dans cette question, la géologie a eu la bonne fortune de pouvoir rendre aux entreprises de travaux publics une partie des services qu'elle en a reçus. Jusqu'à présent nous étions, on peut le dire, tributaires des travaux publics : la géologie stratigraphique doit en grande partie sa fondation, vous le savez, aux travaux de William Smith, lors de l'exécution des canaux en Angleterre ; elle s'est développée surtout à l'aide des nombreuses tranchées nécessitées par les travaux des chemins de fer, spécialement par les chemins de fer dits d'*intérêt local* et qu'il serait quelquefois plus juste d'appeler lignes d'*intérêt géologique*. (Sourires.)

Mais jusqu'ici la géologie avait eu rarement l'occasion de donner un avis décisif, au début d'une grande entreprise de travaux publics ; aussi ne manquait-il pas de sceptiques, même parmi les ingénieurs, qui répétaient volontiers : Nous ne connaissons que deux terrains, les terrains qui *tiennent* et les terrains qui ne *tiennent* pas. Aujourd'hui, quand on veut savoir si un terrain tiendra ou ne tiendra pas, on peut voir qu'il est quelquefois opportun, sinon d'être géologue, au moins d'appeler les géologues à son aide. C'est pourquoi, Messieurs, vous saluerez avec plaisir ces dates de 1875 et 1876, où il a été donné à la géologie d'acquitter d'une manière éclatante une partie de la dette qu'elle avait contractée envers l'art des travaux publics[1]. (Vifs applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Charles Barrois pour présenter quelques observations à l'occasion de la communication de M. de Lapparent.

[1] L'exploration géologique du détroit du Pas-de-Calais a été confiée par la Société française à une Commission, composée de MM. Larousse, ingénieur hydrographe, A. Potier et A. de Lapparent, ingénieurs des mines. Les travaux de sondages ont été exécutés, en 1875 et 1876, à bord des bateaux *le Pearl* et *l'Ajax*, du port de Boulogne.

OBSERVATIONS

SUR LA RÉPÉTITION DES MÊMES MOUVEMENTS DU SOL

À DE LONGS INTERVALLES.

M. Charles Barrois. La partie du Pas-de-Calais décrite par M. de Lapparent offre un exemple de la formation des reliefs du sol par des refoulements latéraux, et peut être citée à l'appui des expériences théoriques exposées, au début de la séance, par M. Alphonse Favre.

Cette portion du détroit se rattache à la région naturelle des monts Hercyniens, qui, des Ardennes, s'étend à l'Ouest vers le Weald et les Mendip Hills. Les formations qui la composent ont été dérangées à plusieurs époques différentes. Les travaux de M. Gosselet ont montré que pendant l'âge primaire les mouvements du sol ont eu lieu à deux reprises dans cette région. Le *ridement de l'Ardenne* date de la fin de la période silurienne; il a eu pour effet de redresser les couches antérieures de l'Ardenne et du Brabant, qui toutes plongent vers le Sud. Celles qui avaient leur inclinaison primitive vers le Nord, ont été complètement renversées. On pourrait donc voir dans ce ridement le résultat d'un refoulement considérable du Sud vers le Nord, comme si l'Ardenne avait été poussée sur le Brabant.

Ce *ridement de l'Ardenne* fut la cause première qui détermina la formation des bassins de Dinant et de Namur; il fut suivi d'une longue période d'affaissement, pendant laquelle une énorme épaisseur de sédiments s'accumula dans ces dépressions de Dinant et de Namur : cette accumulation de sédiments est l'origine des monts Hercyniens. Ce géosynclinal s'est approfondi d'une manière générale depuis l'époque de sa formation, de l'époque silurienne à l'époque oligocène, et peut-être jusqu'à nos jours; le mouvement d'affaissement n'a cependant pas été continu : ainsi, à la fin de l'époque carbonifère, des formations saumâtres et terrestres succédèrent aux formations marines, comme le prouvent les couches de la houille. Les pressions latérales supportées par la masse des sédiments qui continuaient à s'accumuler dans les dépressions hercyniennes, croissaient avec l'épaisseur de ces dépôts; ces pressions latérales dépassèrent à cette époque les résistances, et déterminèrent après l'époque houillère le soulèvement des dépôts antérieurs.

Ce mouvement, qui se produisit à la fin de l'époque houillère, dans la région hercynienne, correspond au *ridement du Hainaut* de M. Gosselet. Il paraît aussi avoir été déterminé par un refoulement du Sud vers le Nord. Ce refoulement a été plus violent dans le bassin de Namur que dans celui de Dinant, car les couches y sont presque toujours renversées. Une dénivellation considérable fut le résultat de ce *ridement du Hainaut*, et le système des monts Hercyniens fut alors comparable en altitude à nos Alpes actuelles, comme l'ont prouvé les coupes restaurées à l'échelle de MM. Cornet et Briart.

Les couches qui venaient d'être ainsi poussées dans de hautes régions de l'atmosphère, y restèrent livrées aux actions destructives de l'air, de l'eau et du froid pendant les longues périodes intermédiaires au terrain houiller et à

l'oolithe dans le Boulonais, au terrain houiller et à la craie dans les Ardennes. C'est à l'action de ces dénudations atmosphériques pendant ces temps prolongés, que l'on doit rapporter la transformation de ces hautes montagnes en une plus modeste chaîne de collines; les débris ainsi formés ont contribué à composer de nouveaux sédiments dans les mers de cette époque, ou des dépôts dits aachéniens sur les terres émergées. Ce ne fut qu'à l'époque crétacée que celles-ci furent entièrement recouvertes par les eaux dans la partie anglo-française de la chaîne comprise entre les Mendip Hills, le Boulonais et les Ardennes paléozoïques, où l'on retrouve encore des silex crétacés en divers points.

Le mouvement d'affaissement du géosynclinal hercynien avait donc repris sa marche après le *ridement du Hainaut*. Il se poursuivit pendant les époques de dénudation que nous venons de décrire; et sur les anciens sommets paléozoïques immergés à partir de l'époque crétacée, vinrent s'accumuler de nouveaux fardeaux de craie et de sables tertiaires. Ce mouvement ne fut interrompu qu'à l'époque oligocène où se produisit un nouveau ridement analogue à celui qui s'était produit après le terrain houiller; je l'ai décrit sous le nom de *ridement des Downs*.

Des observations que j'ai pu faire dans le bassin crétacé du Hampshire m'ont présenté le même fait général: tandis que les couches qui plongent au Nord ont une inclinaison très forte, celles qui plongent au Sud n'ont qu'une très faible inclinaison. Je pourrais citer de nombreux exemples, dans l'île de Wight, l'île de Purbeck, dans le *Vale of Winchester*, le *Vale of Pewsey*, etc. [1]. Le même fait est facile à reconnaître en dehors du bassin du Hampshire, dans les Wealds suivant une remarque déjà faite par Phillips et confirmée par M. Hopkins. En France, les grandes coupes de MM. Hébert et de Mercey, et les études plus circonscrites de M. de Lapparent dans le pays de Bray, mettent en évidence les mêmes accidents du relief. C'est donc un fait général que les plissements des couches crétacées du sud-est de l'Angleterre et du nord-est de la France présentent des inclinaisons très fortes vers le Nord et très faibles vers le Sud. L'effet est le même que si les couches avaient été poussées du Sud vers le Nord. L'exagération de cette poussée déterminerait même un plongement de toutes les couches vers le Sud, les couches du faisceau nord se renversant sur celles du faisceau sud. Cela a eu lieu du reste en certains points de la crête des collines crétacées de l'île de Purbeck, où les couches inclinant au Nord ont dépassé parfois la position verticale, et inclinent vers le Sud jusqu'à 70° à Man of War Cove, et 80° à Durdle Cove.

Il s'est donc produit, dans la région comprise entre la Belgique et le Hampshire, trois refoulements successifs du Sud vers le Nord: le premier après le dépôt du silurien, le second à la fin de la formation de la houille, le troisième après l'époque crétacée; ce sont:

1. Ridement de l'Ardenne..... Silurien inférieur.
2. Ridement du Hainaut..... Terrain houiller.
3. Ridement des Downs..... Oligocène.

[1] *Mémoires de la Société géologique du Nord*, t. Ier; Lille, 1876. — Ch. Barrois: *Recherches sur le terrain crétacé supérieur de l'Angleterre et de l'Irlande*, p. 118.

Les mêmes mouvements du sol se sont ainsi répétés à de longs intervalles, de la même manière et dans la même direction, dans la région hercynienne; ils ont été déterminés par une pression latérale agissant toujours dans le même sens, et due à la contraction de la croûte solide du globe suivant une ligne de sédimentation maxima.

M. l'abbé Richard fait ensuite une communication ayant pour objet **la Diminution des sources et des rivières et la diminution de l'eau à la surface des continents** [1].

La séance est levée à six heures.

[1] Cette communication a également été présentée par son auteur au Congrès international de Météorologie. Comme elle se rattache à la météorologie plus qu'à la géologie, elle a été insérée au Compte rendu du Congrès météorologique. — Voir, dans le *Compte rendu du Congrès international de Météorologie tenu à Paris, en 1878* (N° 20 de la série), la pièce annexe n° 14. Paris, Imprimerie nationale.

SÉANCE DU VENDREDI 30 AOÛT 1878.

PRÉSIDENCE DE M. DE BAUMHAUER, PUIS DE M. STERRY HUNT,

Assistés de MM. Hébert, Capellini, Daubrée, Favre, Gaudry, Hall, Lesley, Liversidge, de Moeller, Ribeiro, Stéphanesco, Szabo, Torell, Vilanova.

Sommaire. — Nomination de M. Lesley comme vice-président pour les États-Unis. — **Unification des travaux géologiques au point de vue de la nomenclature et du figuré.** — Communications : Sur la nomenclature des terrains paléozoïques aux États-Unis, par M. James Hall. — Sur l'emploi des couleurs et des termes désignant les subdivisions des terrains, par M. Renevier. — Sur l'unification des travaux géologiques en général, et particulièrement en ce qui concerne les figurés conventionnels (tracés, notations, signes, couleurs), par M. de Chancourtois. — Sur l'uniformité de la nomenclature géologique dans tous les pays, en ce qui regarde les terrains et les étages, par M. Stéphanesco. — Sur l'adoption de subdivisions uniformes pour les terrains tertiaires, par M. Rutot. — Indication des règles à adopter pour rédiger un dictionnaire de géologie, par M. Vilanova. Discussion : MM. Sterry Hunt, Barrande, Capellini, Buvignier, de Chancourtois et Gosselet.

La séance est ouverte à deux heures.

M. le Président. Messieurs, le Bureau m'invite à vous proposer comme nouveau vice-président, M. Lesley, directeur de la Commission géologique de Pennsylvanie, et bien connu de vous tous. (Adhésion unanime.)

La parole est à M. James Hall, président du Comité fondateur.

SUR LA NOMENCLATURE DES TERRAINS PALÉOZOÏQUES AUX ÉTATS-UNIS.

M. James Hall (États-Unis) [1]. Le Congrès international de Géologie a eu pour origine le désir des géologues de tous pays, de voir adopter une nomenclature uniforme. Le meilleur moyen d'arriver à ce résultat était de rassembler sur un même point les géologues actifs de toutes les nationalités, pour discuter les questions qui se rattachent à cet objet.

[1] La communication de M. Hall, ayant été faite en anglais, a été, sur la demande du Président, analysée immédiatement en français, par M. Ch. Barrois, avec autant d'exactitude que de clarté.

Les lois admises en histoire naturelle reposent sur le devoir que l'on a de rendre justice aux investigateurs originaux, et à ceux qui ont fait des découvertes. Quand on étudie donc une région nouvelle ou peu connue, on doit d'abord désirer comparer son travail avec ce qui a été fait précédemment dans d'autres régions; on contribue ainsi au progrès de la science, et on évite l'encombrement. Dès les premières recherches géologiques, on a été animé, en Amérique, de ce désir de comparer et de mettre en parallèle les formations du nouveau continent et celles de l'ancien. Malheureusement ces efforts, faits à une époque où on n'attachait pas à la paléontologie l'importance qui lui revient, ne produisirent qu'embarras et confusion; on put constater finalement que l'on avait dans le nouveau monde des formations qui étaient presque inconnues et qui n'avaient pas été décrites de l'autre côté de l'Atlantique.

Avant l'installation des commissions géologiques officielles en 1833, on n'avait pas d'idée claire, aux États-Unis, sur l'ordre de succession des terrains qui constituent le grand espace compris entre la côte de l'Atlantique et le Mississipi; au delà ce n'étaient que des régions jusque-là inexplorées.

Les études géologiques furent poursuivies en différents États. On arriva un peu à la fois à reconnaître ce fait capital que, sous la grande formation carbonifère, il y avait chez nous une épaisse série de couches fossilifères qui n'avaient encore été étudiées dans aucun autre pays; il fallut s'entendre sur leur dénomination. Alors, en quelques années, de nombreux noms nouveaux furent introduits dans les divers États et employés pour désigner les terrains étudiés. Le besoin d'une nomenclature uniforme se fit bientôt sentir. Aussi, quand on eut reconnu que les mêmes formations s'étendaient sur plusieurs États, on organisa une réunion de tous les géologues appartenant à des commissions géologiques, pour discuter les questions relatives aux dénominations des terrains et des groupes.

Cette réunion donna naissance à l'Association des géologues américains, qui fut elle-même l'origine de l'Association américaine pour l'avancement des sciences.

Les premières discussions eurent pour résultat de nous faire mieux connaître nos formations, dont l'extension superficielle est si vaste; mais elles ne purent aboutir à une nomenclature uniforme. En fin de compte, les géologues en chef furent forcés d'adopter, pour leurs divisions, les noms qui leur parurent le mieux appropriés aux terrains qu'ils décrivaient. Il arriva ainsi que les États voisins de New-Nork et de Pennsylvanie adoptèrent des nomenclatures différentes pour des formations identiques, qui se continuaient d'un État à l'autre. Les rapports furent publiés d'abord dans l'État de New-York; et les géologues de cet État durent nécessairement alors créer une nomenclature pour pouvoir classer et décrire les résultats de leurs études. La nomenclature qu'ils choisirent était établie à l'aide de coupes typiques, sur des points où les affleurements étaient nets, et où l'on pouvait le mieux se rendre compte des caractères généraux de la formation. Telles furent les raisons pour lesquelles on prit des noms de localités pour distinguer les divisions des roches paléozoïques.

Voici quelle est la série des couches actuellement reconnues, qui constituent le *système de New-York*.

Groupe de Catskill.
Groupe de Chemung.
Groupe de Portage.
Groupe de Hamilton. { Schiste de Genesee.
Schiste de Marcellus.
Groupe supérieur de Helderberg. { Calcaires cornifères et d'Onondaga.
Grès de Schoharrie.
Grès à Cauda-Galli.
Grès d'Oriskany.
Groupe inférieur de Helderberg. { Calcaire supérieur à pentamères.
Calcaire schisteux.
Calcaire inférieur à pentamères.
Calcaire à tentaculites.
Groupe du calcaire hydraulique.
Groupe salifère d'Onondaga.
Groupe de Niagara.
Groupe de Clinton.
Grès de Médina.
Groupe de Hudson-River.
Calcaire de Trenton. } Groupe de Trenton.
Calcaire de Black-River.
Calcaire de Birdseye.
Calcaire de Chazy.
Grès calcifère.
Grès de Potsdam.

D'abord on ne tenta aucun arrangement de ces divisions en systèmes. On ne voyait que des groupements par régions géographiques; on n'avait reconnu aucun ensemble d'un ordre plus élevé. Les différentes couches paraissaient se superposer en concordance, et former par leur réunion un grand *système* de roches stratifiées fossilifères (système de New-York).

Les noms locaux avaient été établis, grâce aux caractères des formations désignées, et d'après les lieux de leurs plus beaux affleurements. On laissa de côté toute considération théorique, ainsi que les raisons fondées sur l'autorité et les traditions anciennes. Par là, on réservait à l'avenir le choix et l'établissement d'une nomenclature générale, plus conforme aux exigences de la science et peut-être plus utile à son développement.

Les géologues de l'État de New-York ne limitèrent pas leurs travaux à l'étude des formations qui se trouvaient dans leur État; ils étendirent leurs investigations dans les États voisins et jusque dans des régions éloignées, montrant ainsi l'extension des formations de New-York bien loin vers l'Ouest, jusqu'au delà du Mississipi. Ces recherches ont été poursuivies depuis lors: elles ont contribué pour une large part aux progrès de la géologie en Amérique.

Ces investigations ont fait reconnaître de grands changements dans le prolongement vers l'Ouest des couches sédimentaires: les dépôts littoraux de l'Est, à éléments grossiers, sont remplacés graduellement vers l'Ouest par des sédiments plus fins, et de plus en plus calcareux. Les sédiments grossiers qui,

le long des monts Appalaches, avaient parfois une puissance d'un millier de pieds, n'atteignent pas, à quelques centaines de milles à l'Ouest, une épaisseur de 100 pieds de calcaire. C'est un dépôt d'eau profonde, caractérisé par une faune presque entièrement différente de celle qui habitait la région littorale de l'Est. Des découvertes géologiques comme celles que nous venons de signaler ne sont pas une difficulté dans notre nomenclature, puisque les caractères lithologiques des couches n'ont pas servi de base aux dénominations adoptées.

Comme exemple, nous pouvons mentionner le *Groupe d'Hudson-River de New-York*. Il est constitué par des schistes plus ou moins grossiers, argileux, arénacés, un peu calcaires, et qui atteignent une épaisseur de 1,000 à 2,000 pieds ou davantage, dans les États de New-York et de Pennsylvanie. Ce même groupe, à 500 ou 600 milles vers l'Ouest, se transforme en une formation où les calcaires et les schistes calcareux ont presque entièrement remplacé les grès. A une distance de 1,000 milles à l'ouest du point où il fut défini pour la première fois, il n'est plus représenté que par un schiste calcareux contenant quelques minces lits de calcaire, et dont l'épaisseur totale ne dépasse pas 50 pieds. La continuité de cette formation (interrompue seulement par nos lacs et nos rivières) a été établie par de patientes recherches sur le terrain, depuis l'est des États-Unis jusqu'au delà du Mississipi; et dans toute cette étendue, c'est une même formation synchronique. Dans sa partie orientale, cette formation est une accumulation littorale; elle prend graduellement, à l'Ouest, le caractère d'un dépôt de mer plus profonde; mais on y trouve partout la même faune caractéristique. Le nom qui lui a été assigné, dès l'origine, lui est donc applicable dans toute son étendue, bien qu'on lui ait attribué d'autres appellations dans le Tennessee et l'Ohio.

Le même fait s'observe aussi pour les autres formations sédimentaires de notre pays, notamment pour les *Groupes de Hamilton et de Chemung*, qui, ensemble, ont dans les États de New-York et de Pennsylvanie, une épaisseur de 2,000 à 5,000 pieds au moins. Le *Groupe de Hamilton*, environ à 600 milles de là, vers l'Ouest et le Nord-Ouest, est devenu une formation calcaire qui n'a pas 50 pieds d'épaisseur; plus loin encore, vers l'Ouest, il est représenté par un récif corallien, dont la faune, dans son ensemble, diffère notablement de ce qu'elle était à l'Est. Le *Groupe de Chemung*, à 1,000 milles à l'ouest de son origine, a perdu aussi les caractères d'une formation littorale, et ne contient plus d'espèces de rivage. C'est un calcaire corallien, renfermant fort peu des fossiles qui le caractérisaient dans ses affleurements orientaux. En prenant en considération toutes ces variations, il n'y a pas de difficultés à appliquer notre nomenclature. Certaines formations calcaires sont synchroniques de celles de *Hamilton* et de *Chemung*, dont les types sont à l'état schisteux, argileux ou gréseux; leur âge, leur position et leur relation avec les autres formations sont également claires et bien définies, soit qu'on les trouve à l'état de sédiment grossier, de sable, d'argile, de fine argile calcaire, ou de calcaire corallien.

Le *Groupe de Catskill*, avec ses grandes accumulations de schistes rouges et verts, de grès gris et rouge avec poudingues, est caractérisé par des formes

organiques qui nous permettent de le comparer avec l'*Old red sandstone* d'Europe. Il a une épaisseur de 2,000 à 5,000 pieds dans ses affleurements orientaux, mais il se réduit rapidement vers l'Ouest et disparaît à une distance de quelques milles. Les schistes et grès, qui se trouvent à la base des *Coal-measures*, en Pennsylvanie et dans l'Ohio, disparaissent entièrement, ou bien sont représentés par des formations calcaires, à l'Ouest. Il y a, dans la même position, quelques lits de calcaire sans importance, dans l'Ohio et la Virginie; ils s'étendent probablement ainsi jusqu'en Pennsylvanie, et prennent un magnifique développement dans la vallée du Mississipi, où ils forment le célèbre *calcaire carbonifère* de cette région. On sait que ces calcaires ont pu être divisés en *calcaires de Burlington*, *de Keokuk*, *de Warsaw*, *de Saint-Louis*, *de Chester*, et contiennent une faune carbonifère riche et variée [1].

Les *Coal-measures*, tels qu'on les connaît dans la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, la Pennsylvanie, avec leurs nombreuses couches de schistes, de grès, de conglomérats, se réduisent extrêmement dans leurs affleurements occidentaux. A l'ouest du Mississipi, ils sont représentés par des schistes calcarifères et par des couches de calcaire avec de menus lits de houille. Nous reconnaissons toujours ce membre de la série comme appartenant aux *Coal-measures;* mais bientôt il perd les derniers caractères de cette formation ; ce n'est plus un dépôt littoral, mais une masse épaisse de calcaire, que j'ai désignée sous le nom de *Calcaire carbonifère supérieur*.

Cette revue rapide des conditions qui ont présidé au dépôt des principales formations paléozoïques dans la partie orientale du continent américain, montrera combien est importante la question de la nomenclature. Les noms choisis doivent, en effet, donner en même temps une notion exacte de la nature et des relations des formations désignées. Enfin, pour les établir, on doit prendre en considération les droits acquis par les auteurs et se garer des influences théoriques.

C'est une nécessité, qui s'impose à nous, de comparer les faits constatés par nos observations, avec les faits lointains qui nous sont seulement révélés par des descriptions. La valeur de ces comparaisons dépend entièrement du degré de connaissances de celui qui les tente. S'il ne connaît nos formations que sous l'un ou l'autre de leurs *facies*, il est très mal préparé à faire des comparaisons plus éloignées; s'il ne les connaît que d'après les livres et les travaux des autres, il est encore moins apte à proposer une nomenclature utile. Les géologues qui travaillent sur le terrain, ont un haut intérêt à voir ces principes mis en pleine lumière, aujourd'hui surtout que, de tous côtés, on propose de nouveaux termes et de nouvelles comparaisons; leur valeur et leur importance se mesurent à la science de l'auteur. Tandis que ceux qui ont acquis en ces matières le plus d'expérience, se sentent encore incapables d'idées précises sur ces questions délicates, on charge l'esprit des étudiants d'une foule de termes qui sont ou inconnus ou inusités parmi les savants auxquels on doit les grandes découvertes en géologie.

Le désir d'une nomenclature uniforme est clairement exprimé dans les

[1] Voir le *Rapport du Geological Survey d'Iowa, 1858.*

nombreux mémoires publiés par les revues périodiques scientifiques, ainsi que dans les comparaisons présentées dans les *Rapports sur les recherches géologiques*. La nécessité de la coopération des investigateurs, l'utilité de l'échange de leurs idées et de leurs connaissances, sont senties par tous ceux qui n'ont en vue que l'avancement de la science.

Dans l'État de New-York on a fait un effort, non seulement pour établir le parallélisme de quelques groupes isolés, ou de certaines formations, avec les termes européens, mais aussi pour reconnaître les limites des divisions appelées *systèmes* en Europe, et notamment en Angleterre. Toutefois, dans notre série continue de New-York, on ne trouve pas de fondement sérieux pour motiver ces grandes subdivisions, qui ont paru importantes ailleurs.

La série paléozoïque de l'Amérique, dans l'état actuel de nos connaissances, peut être représentée de la façon suivante, pour montrer la succession des couches, et leurs relations avec les *systèmes* européens :

Système carbonifère.	*Coal-measures*, comprenant le permien, et devenant entièrement calcaire vers l'Ouest. Calcaires carbonifères. Grès de Waverly, avec les grès gris et jaunes inférieurs aux calcaires carbonifères [1].
Système dévonien.	Groupe de Catskill. Groupe de Chemung. Groupe de Portage. Groupe de Hamilton. Groupe de Helderberg supérieur [2].
	Grès d'Oriskany.
Système silurien de Murchison.	Grès de Helderberg inférieur. Groupe du calcaire hydraulique. Groupe salifère d'Onondaga ou de Salina. Groupe de Niagara. Groupe de Clinton. Grès de Medina.
Système cambrien de Sedgwick.	Groupe de Hudson-River. Groupe de Trenton. Calcaire de Chazy [3]. Groupe de Québec [3]. Grès calcifère [3].
Primordial de Barrande.	Grès de Potsdam [3]. Grès à paradoxides.

Sous ces couches, on trouve encore plusieurs grands groupes ou systèmes

[1] L'absence du groupe de Catskill à l'Ouest et au Sud-Ouest détermine un défaut de concordance entre les lits qui le recouvrent et ceux qui sont en dessous.

[2] A la base du groupe de Helderberg supérieur, il y a un laps de temps représenté par la formation lente du grès sans fossiles à Cauda-Galli; au centre et à l'ouest de l'État de New-York, ainsi que partout au Sud et au Sud-Ouest, il y a discordance entre ce terrain et les formations qui lui succèdent. Ce laps de temps a été suffisant pour permettre ailleurs l'apparition et le développement d'une faune, inconnue dans cette partie du monde.

[3] Du calcaire de Chazy au grès à paradoxides, il y a absence de concordance, ou du moins la succession n'a pas été reconnue d'une façon absolue par contact. La série est évidemment incomplète et les conditions de ces dépôts montrent qu'ils correspondent à de longues périodes de temps.

de roches, qui donnent des caractères particuliers aux régions où ils affleurent; ce sont les suivants :

Série des Montagnes vertes.
Série des Montagnes blanches.
Système huronien.
Système laurentien.

La superposition de ces formations n'est pas établie d'une façon absolue, mais les relations indiquées ici paraissent probables. Ce qui est certain, c'est que le laurentien est le plus ancien.

Plusieurs massifs de roches, dites primordiales ou cambriennes, ont été reconnus dans les Territoires de l'Ouest. Ils se trouvent dans le Texas; mais on n'a pu encore déterminer les relations de ces massifs avec ceux qui étaient mieux étudiés à l'Est. Dans le Tennessee, il y a de même une région bien délimitée où se trouvent des roches primordiales, et où leur ordre de succession a même été constaté; mais on n'a pas établi leurs rapports avec celles des États du Nord.

Il est très difficile, dans le nord de l'Amérique, de parvenir à classer les formations anciennes que l'on nomme parfois cambriennes, et qui correspondent à la zone primordiale de M. Barrande. Il en est de même des roches précambriennes. L'étendue entière de la Nouvelle-Angleterre est occupée par des couches qui n'ont pas encore été classées, et il en sera ainsi jusqu'à ce que nous ayons acquis des notions plus complètes sur la structure géologique de cette contrée.

Le système laurentien, qui est bien défini dans les États du Nord et dans le Canada, est encore indéterminé dans son extension vers le Sud.

Dans cette esquisse, j'ai rappelé également les facilités et les difficultés que l'on rencontre en cherchant à paralléliser les formations des différents pays, ou des diverses parties d'une même contrée, en vue d'arriver à une nomenclature uniforme. On appréciera plus exactement ces difficultés et on se préparera mieux à les surmonter, en s'entendant personnellement entre géologues, qu'en étudiant des publications. Grâce à ce Congrès, beaucoup de personnes qui n'avaient jamais eu de relations entre elles, se sont rencontrées ici; il n'est vraiment pas possible que la répétition de semblables réunions n'amène pas un accord plus grand entre les hommes qui travaillent dans la même voie, et ne leur fasse pas mieux apprécier leurs travaux réciproques. Le but en vue duquel ce Congrès s'est réuni ne sera pas atteint pendant la session actuelle, ni même, on peut le dire, pendant la prochaine. On ne pourra réellement y viser que lorsque les géologues investigateurs auront eu ensemble les relations directes qui sont nécessaires pour leur inspirer une mutuelle confiance; on fera ainsi diminuer les questions de personnalité au profit de l'avancement de notre science.

La nomenclature, qui est le sujet qui nous touche de plus près, doit être discutée à fond dans nos réunions, mais elle ne peut être arrêtée ici. Il faut nommer des comités composés d'hommes au courant des traditions de notre science, et qui aient acquis sur le terrain les connaissances et l'expérience nécessaires aux comparaisons.

Un Congrès géologique international, comme celui qui est actuellement assemblé ici, a été longtemps l'objet de vœux individuels et le sujet d'entretiens réitérés; mais on n'avait pu encore proposer aucun arrangement satisfaisant. La lettre du professeur Capellini, qui se trouve imprimée parmi les documents que nous avons entre les mains, montre que l'Italie, berceau de la géologie, avait pensé, elle aussi, aux avantages d'une semblable réunion. Il n'était pas possible toutefois d'arriver à résoudre cette question du Congrès par correspondance; ce ne fut qu'à l'occasion de la célébration du centenaire des États-Unis, en 1876, que l'on sentit revivre l'espérance de voir un semblable Congrès s'organiser. Ce centenaire, suivi de la réunion de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, eut un résultat, sans précédent encore dans l'histoire de notre pays, celui de réunir des savants de différentes contrées, et de rendre ainsi possibles les relations personnelles et les échanges d'idées, qui nous permirent de tracer et de proposer le plan d'un semblable Congrès.

J'ai maintenant devant moi le fruit de ces efforts, dans cette grande assemblée de savants, où se trouvent des représentants de presque tous les pays de l'Europe, et un nombre considérable des géologues de mérite de l'Amérique du Nord. Laissez-moi, Messieurs, exprimer en terminant le vœu que nos travaux et nos comptes rendus exercent une influence importante sur le progrès de la science qui est si chère à chacun de nous. (Vifs applaudissements.)

M. le Président. Au nom du Congrès, je remercie M. Hall, et je m'associe aux vœux qu'il a si bien exprimés. (Nouveaux applaudissements.)

La discussion sur les communications sera, Messieurs, reportée à quatre heures. Le Bureau a décidé que les communications seraient faites au début de la séance, et que plus tard la discussion s'ouvrirait sur leur ensemble. Je donne donc maintenant la parole à M. Renevier.

SUR L'EMPLOI DES COULEURS ET DES TERMES

DÉSIGNANT LES SUBDIVISIONS DES TERRAINS.

M. Renevier (Suisse). Messieurs, je voudrais aborder avec vous un des points qui furent, dès l'origine, le but principal de notre Congrès, et qui se rapportent au désir que nous éprouvons tous, d'arriver à une unification des méthodes géologiques.

Pour ce qui me concerne, le point que j'ai plus spécialement en vue, c'est l'unification de l'emploi des couleurs et autres signes graphiques, pour la représentation des terrains dans les cartes et coupes géologiques.

Vous avez été sans doute frappés de l'emploi si contradictoire des couleurs, lorsque vous avez consulté les cartes géologiques de divers pays, ou même parfois celles d'un pays unique, mais provenant d'auteurs différents.

Les terrains jurassiques, par exemple, sont teintés en bleu, en vert, en jaune, en gris, etc., suivant les cartes. La teinte jaune est affectée, sur les cartes françaises et sur d'autres, au crétacé supérieur; sur nos cartes suisses, au nummulitique; sur certaines cartes anglaises, au jurassique; sur les cartes

allemandes et celle de Dumont, au tertiaire moyen ou supérieur. Chacun est parti des usages qui régnaient autour de lui, ou a pris pour base tantôt la couleur des roches, tantôt sa propre fantaisie. L'emploi des couleurs est jusqu'ici tout à fait arbitraire et individuel. La nécessité de recourir constamment à la légende explicative de chaque carte rend leur consultation beaucoup plus compliquée.

Il me semble que nous favoriserions beaucoup les progrès de la géologie, si nous pouvions arriver à établir une *convention internationale* pour l'emploi géologique des couleurs. Cela présente, à première vue, des difficultés considérables; mais je crois néanmoins que ce progrès peut se réaliser.

Un autre inconvénient de l'état actuel du coloriage géologique, c'est que des teintes voisines, appartenant à une même couleur principale, sont souvent employées simultanément pour représenter, dans une même carte, des terrains d'âge très distant. L'effet général de ces cartes est alors entièrement détruit; on ne peut pas embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble des terrains d'une même période. Et si, de plus, la chromolithographie n'est pas parfaite, il en résulte une confusion inextricable, à laquelle on a vainement cherché à échapper par l'emploi de lettres explicatives ou d'abréviations, jointes aux couleurs.

Je pense qu'on pourrait remédier à ces inconvénients en choisissant certaines couleurs générales (bleu, vert, jaune, etc.), pour représenter chaque grande période. La teinte générale pourrait être modifiée, suivant les besoins de chaque localité, de chaque auteur, au moyen de hachures ou de nuances suffisamment distinctes, qui permettraient de représenter clairement un nombre infini de subdivisions, tout en laissant subsister l'impression d'ensemble produite par la couleur adoptée pour la période. Avec les procédés typographiques perfectionnés que nous possédons, cela n'est pas difficile, et même les frais d'impression en sont considérablement diminués, grâce aux nombreuses combinaisons possibles de ces divers facteurs.

Représentez-vous, Messieurs, le grand avantage qui en résulterait pour nos étudiants, qui retiendraient facilement la signification géologique des couleurs principales, et comprendraient ainsi d'emblée les cartes ou coupes qu'on leur met sous les yeux, au lieu qu'il faut actuellement leur faire connaître la valeur des couleurs pour chaque nouvelle carte présentée. Pour d'autres que pour les initiés, nos cartes sont incompréhensibles sans un travail préliminaire fastidieux et sans utilité.

Vous n'ignorez pas, Messieurs, qu'il y a eu diverses tentatives d'unification semblable.

Nous avons en Suisse une convention de ce genre pour l'impression en couleur des cartes détaillées, publiées par la *Commission géologique fédérale*. Vous en voyez l'application dans ma *Carte géologique des Alpes vaudoises*, à l'échelle du 50 000e, que vient de publier cette Commission, et que je place sous vos yeux.

Cette carte, teintée d'après les principes que je viens de vous exposer, et chromolithographiée avec beaucoup de soin dans l'établissement typographique de MM. Wurster et Randegger, à Winterthur, produit au premier coup d'œil les effets d'ensemble que je vous signalais, ainsi que vous pouvez facilement vous en assurer en l'examinant, et néanmoins les subdivisions y sont parfaitement distinctes, quoique nombreuses.

Vous remarquerez, Messieurs, combien cette carte est claire et facilement lisible. Et pourtant elle rend tous les détails du relief du sol, pour une contrée montagneuse, très accidentée et remarquablement compliquée au point de vue géologique. Ma carte résume les résultats de vingt-cinq années d'études. J'aurais, sur ce sujet, beaucoup d'observations intéressantes à vous présenter; mais je ne m'y arrête pas. Je n'ai voulu vous soumettre qu'un exemple de notre système suisse de coloriage géologique.

J'ai employé les mêmes couleurs conventionnelles dans mon grand *Tableau des terrains sédimentaires*, qui, au dire de plusieurs de nos collègues, rend de bons services pour l'enseignement académique, aussi bien en France qu'en Suisse.

Divers autres pays ont également adopté, pour leurs grandes cartes, des teintes conventionnelles plus ou moins systématiquement choisies; mais ce n'est pas, Messieurs, l'adoption de l'un ou l'autre de ces systèmes que je voudrais vous proposer. Il y a, je le sais, des habitudes et des susceptibilités nationales qu'il faut éviter de froisser : ce qui aurait lieu inévitablement par l'adoption pure et simple de la convention en usage dans tel ou tel pays.

Il faut choisir, au contraire, une base systématique qui puisse avoir, si c'est possible, l'agrément de tous.

Il serait digne du premier Congrès géologique de faire un pas dans cette voie. Nous ne pouvons pas improviser une semblable convention dans nos séances actuelles; mais le Congrès ferait œuvre utile en manifestant sa sympathie pour le sujet dont je vous entretiens, et son désir de voir s'établir une convention internationale pour l'emploi des couleurs en géologie.

Pourquoi le système métrique a-t-il été si promptement adopté dans beaucoup de pays? C'est que l'on avait choisi pour base une donnée scientifique indépendante des mesures traditionnellement employées dans les divers pays. On a pris une mesure entièrement nouvelle, calculée sur le méridien terrestre.

Je voudrais proposer quelque chose d'analogue pour l'unification des couleurs en géologie. Dans cet ordre d'idées, la seule base scientifique et rationnelle, c'est le *spectre solaire*. Les trois couleurs fondamentales (rouge, bleu et jaune) pourraient être attribuées aux trois grandes divisions de premier ordre : primaire, secondaire et tertiaire. A chaque subdivision de deuxième ordre ou période serait affectée une des teintes qui dépendent de ces couleurs fondamentales. Quant aux subdivisions de troisième ordre ou époques, on les distinguerait soit par des hachures (traits, pointillé, tremblés, croisés, etc.) qui s'ajouteraient à la couleur de la période, soit aussi par des nuances diverses de cette couleur.

Les couleurs une fois admises, on pourrait laisser, aux auteurs des cartes, le choix des hachures ou des nuances, suivant le nombre et la variété des subdivisions qui leur seraient nécessaires pour chaque période.

Enfin, les mêmes couleurs conventionnelles devraient être, autant que possible, appliquées aux *étiquettes* des roches et fossiles dans nos musées; ce serait un moyen excellent de populariser notre convention. J'ai adopté, au Musée géologique de Lausanne, des étiquettes de couleur, conformes aux teintes employées dans mon grand *Tableau des terrains*, et j'y trouve un très grand avantage.

Lorsque nous serions arrivés à admettre, par exemple, la teinte bleue pour le jurassique, la verte pour le crétacé, etc.; que toutes nos cartes ou coupes seraient conformes à cette convention, et que, dans nos collections publiques, les étiquettes crétacées seraient toujours vertes, et les étiquettes jurassiques toujours bleues, cette signification géologique des couleurs se fixerait bien vite dans l'esprit des étudiants et du public. L'intérêt de nos musées en serait accru, et les études géologiques en seraient popularisées. Nos cartes, enfin, de tous pays, deviendraient accessibles à chacun et intelligibles du premier coup d'œil, sans qu'il faille recourir à la légende explicative, sinon pour les détails. C'est là un idéal encore lointain, mais auquel je vous invite à concourir par la nomination d'une *Commission géologique internationale*, qui aurait pour mandat de chercher à établir et à faire adopter partout une semblable unification des couleurs et autres signes géologiques. Elle aurait là une grande et belle tâche, difficile à accomplir, mais toutefois pas impossible.

Outre cette question d'unification des couleurs, il en est d'autres analogues, auxquelles vous avez déjà pensé, mais dont je ne veux pas parler, pour les laisser à d'autres orateurs : unification des méthodes, des classifications, de la nomenclature, etc. Tout cela pourrait faire l'objet des études de la même Commission ou d'autres Commissions semblables, comme il plaira au Congrès. L'essentiel, c'est que nous fassions un premier pas dans cette voie d'unification, de synthèse dans les méthodes scientifiques; et que nous laissions, après nous, des délégués chargés de poursuivre ce travail par la correspondance, afin d'entraîner, dans le même courant d'idées, nos confrères absents de ce Congrès. Nous ne voulons imposer nos vues à personne; mais, si nous manifestons ici notre désir d'arriver à l'unification et à la simplification des procédés scientifiques, je suis sûr que nous rencontrerons des sympathies nombreuses.

Ce serait un digne commencement des Congrès géologiques internationaux, qui, je l'espère, se continueront. (Vif assentiment.)

M. le Président. A la suite de cette communication, j'ai l'honneur de présenter au Congrès quelques exemplaires d'un *Système de coloriage des cartes géologiques*, par un ingénieur des mines, M. Jules Huguenin. Ceux qui s'intéressent à cette question en pourront prendre un exemplaire.

Je donne maintenant la parole à M. de Chancourtois sur l'unification des travaux géologiques en général, et particulièrement en ce qui concerne les figurés conventionnels.

DE L'UNIFICATION DES TRAVAUX GÉOLOGIQUES EN GÉNÉRAL,

ET PARTICULIÈREMENT EN CE QUI CONCERNE

LES FIGURÉS CONVENTIONNELS

(TRACÉS, NOTATIONS, SIGNES, COULEURS).

M. de Chancourtois. Messieurs, le besoin de s'entendre, à l'égard des figurés comme à l'égard de la nomenclature, s'est manifesté dès que les

études géologiques commençaient à se développer, et a déterminé, dans diverses réunions de géologues, des motions dont je me bornerai à rappeler l'une des plus anciennes, faite par le principal promoteur de la fondation de la Société géologique de France, M. Ami Boué.

Conduit, par les circonstances autant que par les tendances systématiques de mon esprit, à aborder, dès le début de ma carrière, des questions d'ordre à la fois didactique et international, je suis arrivé promptement à faire de l'*Unification des travaux géologiques*, envisagée au point de vue le plus général, l'objet de ma préoccupation dominante et de mes efforts, en dehors même de mon enseignement.

Je me trouve par suite aujourd'hui en mesure d'apporter à la délibération pour laquelle le Congrès a été, si je ne me trompe, principalement convoqué, un ensemble de documents où sont en partie réalisées des vues qui résultent de longues et patientes études poursuivies, tant à l'École des mines, dans une pratique continue du professorat qui remonte à 1848, que, sur le terrain, par des voyages poussés d'un côté jusqu'au Kurdistan et à la Mésopotamie, de l'autre jusqu'à l'Islande et au Groënland, et enfin au moyen, pour ne pas dire au prix, d'une participation très active aux travaux d'organisation comme aux opérations des jurys dans les Expositions universelles de 1855 et de 1867.

Mais ces documents, qui font partie de la publication de la carte géologique détaillée de la France faite par le Ministère des travaux publics, sont bien loin d'être exclusivement mon œuvre. Leur présentation à l'appui de ma communication doit donc être précédée d'une explication qui en marque l'origine et le caractère.

Pensant que la meilleure manière de contribuer à l'unification était d'obtenir que mon pays arrivât à prêcher d'exemple, je me suis voué à la fondation d'un service chargé de l'exécution uniforme du relevé détaillé de la France.

Le but n'était pas facile à atteindre, car l'Administration était engagée dans une voie fort différente, celle de l'exécution morcelée par département, et n'avait pas donné suite à l'essai de carte uniformément détaillée au 80 000e, présenté par Dufrénoy et Élie de Beaumont à l'Exposition universelle de 1855.

Cependant à l'approche de l'Exposition de 1867, je réussis à obtenir la formation d'un service provisoire qui produisit un nouvel essai d'unification comprenant, sur soixante-deux feuilles de l'état-major, le quart nord-est de la France.

Ce résultat, favorablement accueilli, détermina en 1868 la création définitive, sous la haute direction d'Élie de Beaumont, du service de la carte géologique détaillée dont je fus nommé sous-directeur et qui fut composé de MM. Fuchs, Potier, de Lapparent, Douvillé, Clérault, ingénieurs des mines, Guyerdet, préparateur-conservateur, et Jedlinski, chef des travaux graphiques.

Le service ainsi constitué, bien que tous ses membres aient dû conserver leurs fonctions antérieures et que sa dotation budgétaire ait été bientôt, par suite des malheurs de la guerre, réduite à un véritable minimum, parvint néanmoins à terminer, du vivant de notre illustre chef, vingt-deux feuilles,

comprenant les environs de Paris et le nord de la France, qui sont aujourd'hui exposées au pavillon du Ministère des travaux publics et dont douze furent mises en vente en 1874 avec trente documents établissant complètement le système d'exécution et de publication [1].

C'est ce *Système* que je présente au Congrès comme contribution et dont je mets sous vos yeux les principaux spécimens à l'appui de mon exposé.

Mais je ne dois pas négliger d'avertir tout d'abord qu'après la mort d'Élie de Beaumont, je suis devenu complètement étranger au fonctionnement du service, dont l'organisation fut alors remaniée.

Je dois faire remarquer aussi que l'on ne voit dans l'Exposition actuelle, ni les documents généraux qui formulaient la méthode de travail et d'application, ni aucun des documents accessoires que comportait cette méthode. Je ne saurais d'ailleurs préciser la signification de cette exclusion de fait, car la Commission spéciale, instituée lors de la réorganisation et dont je fais maintenant partie, n'a pas été réunie depuis que j'y ai été appelé, mais j'ai tout lieu d'en déduire que les vues antérieures d'unification sont au moins modifiées dans la nouvelle direction, désavantage qui ne serait pas sans compensation, au point de vue de l'entente à établir entre les divers pays, car la présentation du système initial, édifié lorsque j'étais sous-directeur, se trouverait alors dégagée de toute prétention de faire dominer dans les usages internationaux les conditions définitivement adoptées en France.

Je dois faire observer par contre que ce système a été établi sous le contrôle d'une autorité scientifique hors ligne et avec le concours de jeunes géologues du plus grand mérite; que par conséquent, sans vouloir me prévaloir d'adhésions qui, malgré la liberté de discussion admise dans l'ancien service, ont pu n'être pas données sans réserve, je me crois fondé à présenter l'œuvre commune avec confiance.

Je suis loin, d'ailleurs, de faire bon marché de ma participation, bien que je revendique surtout la responsabilité personnelle vis-à-vis de la critique.

Quelle que soit au surplus la part bonne ou mauvaise qui me revienne dans la production du système, je puis au moins aujourd'hui me féliciter d'avoir déterminé sa publication qui n'était pas prématurée comme l'ont prétendu quelques personnes à trop courte vue, puisqu'elle me permet d'apporter au Congrès, je le répète, la contribution d'un ensemble de pièces répondant à l'objet capital de sa convocation.

Permettez-moi enfin, Messieurs, d'exprimer l'espoir que, à défaut d'autre mérite, le système qui vous est présenté et dont l'application avait pu être heureusement poursuivie avec toutes les ressources, typographiques, lithographiques et photographiques de notre Imprimerie nationale, vous paraîtra offrir la

[1] Les trois documents qui définissent le système ont été publiés à l'Imprimerie nationale par le Ministère des travaux publics (service de la carte géologique détaillée), tant en tableaux du format des feuilles qu'en cahiers de généralités, sous les titres : « AVERTISSEMENT. Historique et définition du travail. Mode de publication. » « LÉGENDE TECHNIQUE GÉNÉRALE. Explication des signes conventionnels affectés aux gîtes de matières d'une utilité spéciale, aux exploitations et aux usines. » « Système et mode d'application de la LÉGENDE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE. » Ils ont été, d'autre part, insérés aux *Annales des mines*, en 1873 et 1874.

preuve que l'on a cherché à profiter de tous les éléments des progrès réalisés dans les publications antérieures des différents pays.

Pour terminer ce préambule, je dois prévenir que ne pouvant, dans l'étendue d'une seule communication, aborder l'unification des travaux géologiques à tous les points de vue, je me renfermerai autant que possible dans la question des conventions figuratives, dont je ne pourrai même toucher toutes les parties importantes, qu'à la condition d'être très bref sur chacune.

L'unification des *Travaux géologiques* dépend de celle des *Travaux géographiques*; mais, devant traiter de celle-ci, mardi, 3 septembre, dans une Conférence particulière [1] à laquelle je désire, Messieurs, que vous puissiez et veuillez bien me faire l'honneur d'assister, je puis me borner aujourd'hui à présenter, sur le côté géographique de la question, quelques observations concernant l'exécution des travaux détaillés.

Nous avons été heureux de trouver, en France, l'excellente carte de l'état-major, au 80 000e. Cependant cette carte ne répond pas complètement aux besoins de la géologie, car elle a été faite surtout au point de vue des usages militaires, et on a dû exagérer systématiquement certains détails, les routes, les maisons, etc.; d'où il suit que l'on éprouve des difficultés pour les tracés géologiques, qui réclament le plus de précision, par exemple lorsqu'il s'agit de dessiner des failles, dont le relevé se repère naturellement sur les objets figurés.

L'échelle, d'ailleurs, est encore trop petite.

Il est indispensable, pour obtenir une représentation suffisante de tous les accidents naturels et artificiels du sol, de dépasser le 50 000e, et l'on n'arrive à se rendre complètement compte des détails de l'ordre topographique qu'en employant l'échelle déjà cadastrale du 10 000e, en minute.

Quant aux publications gravées, l'échelle du 20 000e donne des résultats satisfaisants. On a déjà publié des cartes topographiques au 25 000e, en Suisse et en Germanie, au 20 000e en Belgique; ce sont d'excellents modèles, et il ne semble pas douteux qu'on doive tendre à généraliser l'emploi de telles cartes.

Je puis dire que, pour ma part, dans l'édification du système de la carte géologique au 80 000e, j'avais toujours en vue la préparation du relevé au 10 000e, et déjà nous avions commencé des travaux de cet ordre dont j'avais même fait comprendre la publication au 20 000e, à titre accessoire, dans l'avertissement qui donne l'historique et la définition du travail entrepris par le service de la carte géologique détaillée.

Quant au mode de transformation du canevas sphérique en canevas plat, c'est évidemment la *projection gnomonique* qui convient le mieux pour les cartes géologiques, puisque les *alignements*, dont l'importance a été démontrée hier, y sont représentés par des lignes droites. C'est, du reste, la projection gnomonique qui se trouve, en fait, employée dans les systèmes de cartes topogra-

[1] Cette conférence a été publiée dans le *tome III des Conférences du palais du Trocadéro*. Paris, Imprimerie nationale.

phiques dits *polycentriques*, que l'on tend maintenant à adopter généralement, car ces systèmes méritent aussi bien la dénomination de *polyédriques*. Il faut seulement, pour en compléter l'appropriation, établir les règles, d'ailleurs très simples, à l'aide desquelles on poursuit, de l'une des faces du polyèdre à une des faces adjacentes, un alignement qui est nécessairement brisé à l'arête commune.

A l'égard du figuré du relief, il ne semble même plus nécessaire de réclamer, en thèse générale, pour les cartes topographiques, l'emploi des *courbes de niveau* à l'exclusion des *hachures;* et, les hachures topographiques empêchant de distinguer les teintes conventionnelles, je n'ai pas besoin d'insister sur la nécessité de leur suppression pour les usages géologiques.

J'arrive maintenant à la question des *Conventions figuratives* concernant les *Tracés*, les *Notations*, les *Signes* et les *Couleurs*, qui se divisent en plusieurs catégories.

Dans une étude géologique complète, il y a à considérer la *nature* des compartiments de l'écorce terrestre, leur *structure* et leur *ordre* successif. Il faut donc parvenir à manifester, dans les cartes et dans les documents accessoires, ces trois sortes de conditions.

Les indications de nature ont nécessairement pour point de départ une nomenclature lithologique sommaire.

A défaut d'une nomenclature généralement et définitivement adoptée, dont on eût pu faire un extrait, on a dressé, pour le travail de la carte, un tableau intitulé «Lithologie» énumérant les principaux genres des masses minérales, *Roches éruptives* et *Dépôts sédimentaires*, classées symétriquement au double point de vue de la *texture* et de la *composition*. Les *pierres* et, subsidiairement, les *terres* de *textures analogues* y sont rangées par bandes horizontales, depuis les roches *vitreuses* jusqu'aux roches *cristallines*, avec adjonction aux roches *nettes* ou typiques, des roches *diamorphiques*, c'est-à-dire imparfaites ou altérées qui sont placées en seconde ligne, et depuis les dépôts *granulo-spongieux* les plus meubles, les plus plastiques ou les plus friables, jusqu'aux dépôts les plus consistants, les plus fissiles ou les plus durs, rendus *granulo-lamellaires* par le *métamorphisme;* tandis que les *compositions analogues* se trouvent groupées par colonnes verticales, depuis les roches *feldspathiques* les plus *acides* jusqu'aux roches *pyroxéniques* les plus *basiques*, et depuis les dépôts *siliceux*, en passant par les dépôts *silicatés* et *carbonatés*, jusqu'aux dépôts *ferreux* et *charbonneux*.

Le sujet étant ainsi divisé en articles, on a affecté à chaque article une *lettre accentuée*, *grecque* pour les roches, *latine* pour les dépôts, la lettre destinée à marquer la composition étant la même dans chaque colonne, et l'accentuation destinée à marquer la texture restant la même dans chaque bande horizontale.

Au moyen de ces notations, on peut satisfaire à un desideratum de première importance au point de vue scientifique comme au point de vue pratique : je veux parler de l'*indication des changements de nature* d'une même formation dont l'affleurement est marqué d'une teinte uniforme.

Outre ces variations lithologiques, il est nécessaire de marquer les *gîtes minéraux* et aussi les *lieux d'exploitation* des matières que des conditions locales de qualité ou de facile extraction rendent spécialement *utiles*.

Le relevé et le signalement de ces lieux d'exploitation sont réclamés non seulement pour les besoins techniques, mais pour les spéculations géologiques les plus générales, et tous les géologues qui ont fait des cartes savent que ce travail devrait toujours précéder le travail d'exploration dans lequel on se propose de délimiter les formations. Le service de la carte détaillée avait donc donné les plus grands soins à cette partie statistique du système, qui ne pouvait, d'ailleurs, être reléguée au second plan dans une œuvre entreprise par le Ministère des travaux publics; et on a dressé, sous le titre de **LÉGENDE TECHNIQUE GÉNÉRALE**, conformément au système de classification adopté pour la collection de statistique minérale de l'École des mines, un tableau des faits à constater et des *signes figuratifs* méthodiquement appropriés.

La perspective d'une application dans les colonies françaises autorisait à donner à ce tableau la portée la plus générale, et je puis me permettre de vous le recommander comme résumant, sous le rapport de la méthode statistique, les traditions de notre Administration et de notre École des mines.

Les conventions relatives aux structures et aux allures du terrain ont été ensuite l'objet d'une systématisation dans un tableau intitulé « STRATIGRAPHIE », où l'on a cherché à compléter et à classer, encore symétriquement, les signes et les tracés le plus généralement usités.

Je viens maintenant à la partie de la question concernant la distinction des formations et leur ordre, qui, dans le système de la carte géologique détaillée, se trouve résolue par la série de tableaux de la **LÉGENDE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE**, intitulée « CHRONOLOGIE GÉOGNOSTIQUE ».

C'est pour la distinction des formations que l'on emploie surtout les couleurs en géologie, et tout le monde est d'accord sur ce point; mais il y a de grandes variations dans l'application du principe, et l'institution d'une *gamme internationale* n'est certes pas la partie de l'unification la moins difficile à réaliser.

Pour traiter ce sujet, je ne puis me dispenser de toucher en quelques mots les questions de nomenclature dont les figurés doivent manifester les solutions.

Je crois devoir, Messieurs, appeler d'abord votre attention sur la nécessité de mener désormais de front, dans les légendes chronologiques, l'énumération des formations *ÉRUPTIVES* et celle des formations *SÉDIMENTAIRES*.

Pendant longtemps on a dû éviter les énumérations corrélatives parce que l'on manquait d'observations suffisantes pour déterminer les âges des roches éruptives. Maintenant encore beaucoup d'âges sont incertains. Mais, pour hâter la solution des questions, il faut les poser franchement; c'est le parti que nous avions pris, vous le voyez, dans la légende géologique générale où deux colonnes en regard sont affectées aux deux séries de formations.

Je désire aussi insister sur la convenance de dresser, pour chaque pays, pour chaque région, des listes parallèles des dénominations locales, la régularisation des synonymies par énumération méthodiquement détaillée étant évidemment la meilleure préparation d'une échelle synthétique.

C'est dans cette pensée que nous avions divisé la France en trois régions : celle du Centre et du Nord, celle du Sud-Ouest et celle du Sud-Est, et que nous avions ensuite subdivisé chacune des trois régions par des lignes qui

rayonnent, de Paris pour la première, de la Teste-de-Buch pour la seconde, du mont Blanc pour la troisième. Une colonne de la légende générale a pu être affectée à chacun des seize secteurs ainsi déterminés, qui ont pour base des massifs montagneux ou des circonscriptions naturelles d'où ils tirent leurs dénominations.

La série des formations sédimentaires qui constitue l'*Échelle chronologique* est, en général, coupée par *périodes* dont le nombre, selon moi, doit être porté à cinq qui seraient dénommées : *préliminaire* (comprenant les formations schisto-cristallines), *primaire* (terminée par le terrain anthraxifère), *secondaire* (commençant avec le terrain houiller), *tertiaire* et enfin *récente*, pour ne pas dire *finale;* ou mieux, à six, en divisant la période secondaire en deux parties, ancienne et nouvelle, par une coupure faite entre le trias et le lias.

Dans chaque période on distingue des *terrains* et dans chaque terrain des *étages*, puis des *sous-étages* ou des *assises*.

Je ne pourrais aborder aujourd'hui la question de la nomenclature de ces trois ordres de division à l'égard desquels la tendance à l'unification me paraît d'ailleurs suffisamment accusée dans les travaux de tous les pays.

Mais je dois rappeler la correspondance terme à terme de l'ensemble des séries *primaire* et *secondaire ancienne*, et de l'ensemble des séries *secondaire nouvelle* et *tertiaire*, que j'ai signalée dans un mémoire sur la « Classification chronologique des formations », dont un extrait a été inséré aux Comptes rendus de l'Académie des sciences du 13 février 1874, car le principe de *récurrence*, décelé par des analogies lithologiques et paléontologiques très sensibles, peut contribuer à ordonner méthodiquement le coloriage de l'échelle entière.

Avant de traiter de ce *coloriage méthodique*, permettez-moi encore d'appeler votre attention sur un genre de résumé figuratif des études géologiques relatives à une région, parce que sa vulgarisation me paraît devoir être utile pour les rapprochements tendant à l'unification; c'est ce que j'appelle un *Rapporteur chronologique*.

Je ne puis malheureusement vous en présenter qu'une ébauche faite pour la région du nord et du centre de la France, parce que l'on n'avait encore gravé que le cadre de la planche, lorsque j'ai quitté le service de la carte. Vous voyez, Messieurs, une suite de zones concentriques, qui représentent les étages successifs de la série sédimentaire, ou pour mieux dire les sous-étages, car c'est plutôt à ce dernier ordre que se rapportent les subdivisions adoptées pour l'exécution de la carte détaillée.

Des traits rayonnants marquent en même temps, par leurs orientations, les *directions* des rides de soulèvements ou des fentes d'éruption et, par leurs prolongements poussés jusqu'à telle ou telle zone, l'*âge* du phénomène de dislocation ou d'épanchement.

Cette méthode de résumé figuratif, que j'indique depuis longtemps dans mon cours, a déjà été appliquée assez fructueusement, pour que je puisse me permettre de la recommander.

Je reviens au coloriage, et je suis heureux de pouvoir constater d'abord que je me trouve d'accord avec M. Renevier, quant au principe de l'ordre à adopter pour la succession des couleurs.

Nous ne différons que dans une partie de l'application que je voudrais complètement régulière.

Le coloriage de la grande carte de la France au 500 000e a toujours été considéré comme des plus satisfaisants et son succès, que l'on peut dire, de coup d'œil, résulte de ce qu'on a suivi pour les terrains secondaires et tertiaires l'*ordre des couleurs du spectre*. Je pense donc que, pour ces terrains, il faut conserver le mode d'adaptation de la série spectrale ainsi expérimenté, sauf pour le terme inférieur, le lias; et, sur ce dernier point, je suis heureux de me trouver encore du même avis que mon savant confrère qui, en remplaçant la couleur bleu foncé par le violet, reste évidemment dans la règle, car on ne peut plus guère soutenir maintenant la distinction de l'indigo comme couleur principale.

On voit que la première application de la gamme du spectre, ainsi régularisée, se trouve limitée par en bas à la coupure que je propose de marquer dans l'ensemble de la série sédimentaire, et, d'après les faits de récurrence sur lesquels est basée ma proposition, je crois que, en dehors de toute idée théorique, il conviendrait pratiquement de profiter de cette circonstance pour recommencer l'application de la gamme à la partie inférieure de la série, en différenciant seulement la deuxième application de la même couleur par une modification de nuance. On pourrait, par exemple, assombrir toutes les teintes de la gamme inférieure ou, mieux encore, accidenter différemment l'application de la même couleur dans les deux séries, par des réserves de configuration et d'importance différentes, suivant la méthode si heureusement employée, notamment pour faire ressortir des écritures en blanc, dans les cartes du Canada publiées sous la direction de M. Selwyn.

Avec cette double gamme, on aurait les moyens de représenter sommairement les divers terrains des périodes primaire, secondaire et tertiaire; et dans les cartes de même ordre que la carte générale de France, où il n'y a lieu de subdiviser chaque terrain qu'en un petit nombre d'étages, je pense encore, comme mon savant confrère, qu'il faut conserver, pour *tout un terrain, une même couleur fondamentale*, et ne distinguer les divers étages que par la *gradation* de la teinte, comme l'on fait pour les *notations* lorsque l'on distingue les diverses divisions d'un terrain par des *indices* ou des *exposants* joints à une *lettre* qui reste constante pour ce terrain. Mais je me trouverais un peu en désaccord avec lui, quant aux moyens d'effectuer cette gradation, s'il entendait l'obtenir par des hachures de couleur surajoutées; car je repousse absolument l'emploi des hachures de ce genre, d'abord, parce qu'il fait disparaître le figuré géographique; ensuite, parce que je voudrais que l'on réservât l'application accidentée des teintes pour marquer les *allures stratigraphiques* lorsque leur étude sera assez avancée.

Je proposerais, dans ce dernier but, de produire le coloriage par des bandes de teinte avec intervalles laissant paraître le blanc, qui se contourneraient suivant les affleurements des couches, et seraient plus ou moins larges selon la valeur du *pendage*. Les bandes de teinte, ou mieux de réserve, pourraient être d'ailleurs continues pour la série sédimentaire supérieure, et discontinues pour la série inférieure.

Cette méthode, qui serait facilement applicable dans les cartes à grande échelle, pourrait être encore employée, dans une certaine mesure, sur les cartes de l'ordre géographique à échelles réduites.

Pour les cartes géologiques de l'ordre topographique dont l'échelle dépasse le 100 000e, le détail des formations comporte, en général, l'établissement, par terrain, d'un assez grand nombre de sous-étages ou même d'assises. Il en faut près de *cent* pour la carte géologique détaillée de la France au 80 000e.

Dès lors, il ne faut plus songer à distinguer les différents termes d'un même terrain par la simple gradation d'une même teinte; mais on peut conserver, à la gamme sommaire adoptée pour les cartes de l'ordre géographique, son rôle régulateur, en distinguant les diverses fractions d'un terrain par des alternances des diverses nuances de la *teinte empruntée à cette gamme* et de la *teinte complémentaire;* ce qui produit une association non dépourvue d'homogénéité.

Un tel système permet toujours de rapprocher la teinte conventionnelle d'un sous-étage de la teinte qui domine dans la formation même; ce qui est avantageux à tous égards.

Il est aussi avantageux, je crois, de marquer la différence entre les formations détritiques, que j'appelle *dépendantes*, à cause de la liaison de leur gisement et du gisement des masses préexistantes dont elles dérivent, et les formations de précipitation chimique ou de sécrétion organique, que j'appelle, par opposition, *indépendantes*, en réservant aux secondes des nuances franches, et appliquant, au contraire, aux premières, des teintes brouillées.

Enfin, il me semble indispensable d'employer, pour toutes les *formations sédimentaires*, des teintes *pâles*, d'une intensité juste suffisante pour faire discerner les nuances, afin de nuire le moins possible à la perception du figuré géographique ou topographique, dont les notions sont aussi nécessaires aux géologues que les notions géognostiques proprement dites, et aussi afin de faciliter la distinction des formations sédimentaires et des *formations éruptives* auxquelles on a l'habitude d'affecter des teintes *vives* et *crues*.

C'est en tenant compte de ces principes qu'a été préparée l'échelle des teintes conventionnelles pour la carte détaillée, et vous pouvez déjà, Messieurs, juger, jusqu'à un certain point, de leur efficacité, par l'échantillonnage opéré dans le rapporteur chronologique, où la succession des répétitions alternatives produit une certaine harmonie complexe, dérivant de l'harmonie primordiale de l'*arc-en-ciel*.

Mais vous apprécierez mieux la valeur de la méthode si vous voulez bien, en passant dans le Champ de Mars (pavillon du Ministère des travaux publics), jeter un coup d'œil d'ensemble sur le grand panneau de l'exposition du service géologique, où elle se trouve appliquée, dans les vingt-deux feuilles susmentionnées et, par suite, dans les feuilles-minutes ajoutées en bordure.

On retrouve, dans ce panneau, avec amélioration, si je ne me trompe, l'effet qui avait surtout frappé en 1867, effet que je ne saurais mieux définir qu'en le comparant à celui d'une peinture dont le coloris est juste. La manifestation des rapports de relief, déjà marquée en grisaille par le figuré topo-

graphique, atteint le plus haut degré d'évidence, tandis que, dans chaque partie de la carte, les zones d'affleurement des différents étages sont très nettement différenciées par le contraste des couleurs.

Sur les quatre premières feuilles du tableau de chronologie géognostique que je mets sous vos yeux et qui comprennent précisément la moitié supérieure des *terrains sédimentaires* commençant au lias, vous reconnaîtrez facilement que l'on a pris en considération l'*ordre spectral* dans le choix des teintes des étages successifs, où l'on voit prédominer : le *violet* avec le *jaune*, dans le terrain de *lias ;* le *bleu* avec l'*orangé*, dans le terrain *oolithique;* le *vert* avec le *rouge*, dans le terrain *crétacé inférieur;* le *jaune* avec le *violet*, dans le terrain *crétacé* proprement dit ; l'*orangé* avec le *bleu*, dans le terrain *éocène inférieur;* le *rouge* avec le *vert*, dans le terrain *éocène supérieur*.

Le commencement d'une nouvelle série spectrale détermine ensuite, dans le *miocène*, l'application de nuances *violettes* et *jaunes;* et, pour les terrains *pliocène* et *diluvien*, on a adopté des nuances brouillées *brunes*, c'est-à-dire tenant du *rouge* et de l'*orangé;* ou *grises*, tenant du *vert foncé* ou du *bleu*.

Vous apercevez aussi, Messieurs, que, pour le bassin de Paris au moins, la règle de la succession spectrale est assez d'accord avec celle de l'imitation des teintes naturelles qui dominent dans les formations.

L'application du système à la moitié inférieure de la série donne un résultat aussi satisfaisant, car il conduit à employer les teintes dérivant : du *rouge* et du *vert*, pour le terrain *triasique;* de l'*orangé* et du *bleu*, pour les terrains *permien* et *houiller;* du *jaune* et du *violet*, pour les terrains *anthraxifères;* du *vert* et du *rouge*, pour le terrain *dévonien;* du *bleu* et de l'*orangé*, pour le terrain *silurien;* du *violet* et du *jaune*, pour le terrain *cambrien*.

Enfin une dernière série de nuances relativement crues de *rouge* et de *vert*, d'*orangé* et de *bleu*, de *jaune* et de *violet* peut s'appliquer convenablement aux terrains *hybrides*, *schisteux* et *cristallisés* de la période préliminaire.

A l'égard des *terrains éruptifs*, je ne vois que des raisons de persévérer dans l'usage assez général, que je rappelais tout à l'heure, de leur affecter des teintes vives et crues. Quant aux choix des couleurs par lesquelles on cherche déjà ordinairement à rappeler la couleur dominante du groupe de formations figuré, l'application du principe d'imitation se trouverait régularisée si l'on convenait de prendre les diverses nuances du *rouge* et du *vert*, pour les *granites* et les *diorites;* de l'*orangé* et du *bleu*, pour les *porphyres* et les *trapps;* du *jaune* et du *violet*, pour les *trachytes* et les *basaltes*.

Vous pouvez voir, dans le tableau de chronologie géognostique, un commencement d'application de cette systématisation, déjà indiquée accessoirement sur une carte de l'Europe que j'avais exposée, en 1867, pour montrer les alignements des gîtes minéraux.

On peut, de plus, en chargeant de *gomme* ou de *vernis* les couleurs employées pour les formations *éruptives*, donner aux champs de ces formations un *brillant* qui les fait distinguer à première vue des champs relativement *mats* des formations sédimentaires.

Avant de quitter la question de coloriage, je ne dois pas négliger de rappeler la nécessité d'employer autant que possible des *couleurs à base métallique*

ou du moins *naturelles*. On sait que l'éclat des couleurs obtenues avec les produits hydrocarburés artificiels est malheureusement compensé par leur altérabilité, qui est souvent telle que la lumière du jour, même diffuse, réduit en très peu de temps les teintes les plus vives à des tons grisâtres.

Quelle que soit la fixité des couleurs appliquées sur les figurés géologiques, et ne fût-ce qu'en raison du daltonisme qui est reconnu aujourd'hui si fréquent, il est indispensable d'appuyer les indications chromatiques par des *notations littérales* suffisamment multipliées dans chaque plage d'une même teinte.

L'étude de la question du coloriage méthodique ramène donc à la question de la nomenclature des formations où elle ne doit jamais être perdue de vue, car la gamme des couleurs, étant le prototype des classements naturels, son application offre, selon moi, une sorte de criterium de la valeur de toute classification.

On voit d'ailleurs qu'en partant du principe rappelé ci-dessus et déjà très fréquemment adopté, celui de l'affectation de la même lettre aux différentes subdivisions d'un même terrain, on arrivera aisément, dès que la nomenclature des terrains sera arrêtée, à établir, par un jeu convenable d'indices et d'exposants, une correspondance facile à saisir entre la signification des couleurs et celle des notations.

Je n'ai plus à ajouter que quelques mots concernant les *sections verticales*, les *projections* ou *perspectives* et les *coupes longitudinales* qui doivent accompagner les *cartes*.

Ces documents, bien qu'ils soient ordinairement qualifiés d'*accessoires*, sont absolument indispensables, car sans eux les figurés-plans les plus circonstanciés ne donnent qu'une notion insuffisante de la constitution de l'écorce terrestre. L'exécution d'un certain nombre d'entre eux pour chaque feuille faisait donc partie du programme des travaux de la carte géologique détaillée, dans la période de fondation de l'entreprise, où l'on se préoccupait moins de couvrir beaucoup d'espace que d'asseoir une *méthode d'exécution* complète et susceptible de développement régulier.

Les spécimens que j'ai extraits du portefeuille suffisent pour faire apprécier le soin que l'on a mis à établir entre les divers ordres de documents une *corrélation rigoureuse et explicite* qui, en même temps qu'elle facilite les déductions, en assure la justesse.

Je ne saurais entrer dans le détail des conditions à remplir à cet effet, et, encore moins, insister sur les moyens adoptés dans la carte géologique détaillée pour approcher du but, sans que la multiplicité des indications devînt une source de confusion, en ménageant la perception facile des indications dominantes par une subordination méthodique des signes relatifs aux indications complémentaires, lesquelles ne doivent pas s'imposer à l'attention, mais que l'on doit pouvoir trouver lorsque l'on en a besoin pour une étude approfondie.

Il me suffit, à cet égard, de faire remarquer que chaque feuille ou chaque planche est toujours accompagnée d'une *légende géologique*, d'une *légende technique* et d'une *notice*, placées en marge ou susceptibles d'être annexées par l'entoilage, qui font connaître d'une manière précise la signification et la por-

tée de tous les figurés conventionnels qui y sont employés, depuis les notations jusqu'aux teintes, en expliquant sommairement, mais sans omission, les rapports de tout genre que l'on a pu observer dans la constitution des terrains représentés.

Mais je dois mentionner au moins pour mémoire : les précautions à prendre en vue d'obtenir les *raccords réguliers* des feuilles de cartes à découper pour assemblages; l'obligation de tenir compte de la *courbure de la terre* dans les coupes lorsqu'elles sont prolongées à travers une région étendue; les avantages des *échelles métriques décimales*, pour les sections et les coupes comme pour les cartes; enfin les *inconvénients de l'exagération des hauteurs* dans tous les profils, inconvénients qui sont tels que l'on ne comprend pas comment les géologues n'en sont pas déjà arrivés à proscrire, d'une manière absolue, l'usage de ces représentations essentiellement illogiques et trompeuses.

C'est dans les sections verticales et les coupes longitudinales, où les épaisseurs des veines et des couches peuvent être représentées avec des dimensions notables, qu'il y a lieu d'appliquer particulièrement des figurés rappelant la nature des roches et des dépôts.

Lorsqu'on emploie de très grandes échelles, on cherche toujours naturellement à donner à ces figurés un caractère *imitatif* basé, pour les roches, sur les formes des cristaux intégrants ou caractéristiques, et, pour les dépôts, sur les formes des éléments accumulés ou des vestiges d'organismes.

On aperçoit immédiatement toutes les ressources qu'offrirait, pour la manifestation des *textures*, la combinaison des dessins en noir et des réserves de blanc dans l'application de la teinte conventionnelle.

J'ai à peine besoin de signaler le parti qu'on peut tirer maintenant, pour ce qui concerne les roches adélogènes, des observations micrographiques, au moyen desquelles on reconnaît dans toute la masse les conditions de texture, qui ne sont discernables, à la vue simple, que dans quelques parties exceptionnelles.

Mais dès que l'on rapetisse l'échelle, on est bientôt obligé d'employer des figurés *symboliques*.

Des principes de symbolisation se trouvent déjà proposés dans le système de la carte détaillée, par la mise en catégories des *accidentations inorganiques* et *organiques*, dont les classements sont joints en appendice au cahier d'explications où l'on a réuni les textes de la légende géologique générale.

J'ai l'honneur d'adresser, à chacun des Membres du Congrès, un exemplaire de la reproduction de ce cahier, qui a été insérée, en 1874, dans les *Annales des mines*, avec des fragments ou des réductions des grands tableaux en feuilles qui constituent la légende, heureux de pouvoir offrir ce document comme principale pièce à l'appui et comme complément de ma communication trop sommaire, quoique déjà trop prolongée.

J'ose espérer, Messieurs, que vous voudrez bien m'excuser, en considération de la portée très étendue du sujet, si j'ai abusé de votre bienveillante attention dans l'exposé de ma manière de voir sur les conditions à remplir et les moyens à employer pour nous approcher de ce but, assurément fort difficile à atteindre, de l'unification des travaux géologiques. (Applaudissements.)

M. le Président. Après avoir remercié M. de Chancourtois de sa communication pleine d'intérêt pratique, je donne la parole à M. Stéphanesco.

SUR L'UNIFORMITÉ DE LA NOMENCLATURE GÉOLOGIQUE

DANS TOUS LES PAYS,

EN CE QUI REGARDE LES TERRAINS ET LES ÉTAGES.

M. Stéphanesco (Roumanie). Messieurs, si j'ose monter à cette place et prendre la parole devant vous qui êtes la plus haute expression de la science géologique, je ne me dissimule pas l'insuffisance de mes forces. Mais je suis encouragé par l'importance de la tâche et comme poussé par l'intérêt du sujet. Rien n'importe plus, en effet, à la géologie que la question dont j'ai eu l'honneur de proposer l'examen au Congrès dès que j'ai appris que l'heureuse initiative prise par nos éminents confrères d'Amérique aurait un plein succès.

Permettez-moi, Messieurs, avant d'arriver au sujet dont je compte vous entretenir un instant, permettez-moi de vous exprimer toute la satisfaction que j'ai éprouvée quand j'ai su que le premier Congrès international de Géologie se tiendrait à Paris. D'abord c'était un hommage que le monde savant devait à cet antique foyer de la science; ensuite cela me procurait l'occasion, que je me hâte de saisir, de payer ma dette de reconnaissance. C'est en France qu'il m'a été donné de puiser les premières notions de géologie, dans cette Sorbonne d'où jaillit une lumière d'autant plus resplendissante que les vieux murs en sont plus sombres. Je reviens maintenant à la question.

Dans un Congrès international, Messieurs, comme celui qui nous réunit dans cette enceinte, on ne doit discuter, selon moi, que les questions générales, celles qui ont un intérêt égal pour tous les pays, en d'autres termes celles qui, sortant du cercle étroit d'une localité ou d'une contrée, importent au développement progressif de la science.

Parmi ces questions, aucune mieux que celle de l'*Unification de la nomenclature des grandes divisions de l'écorce terrestre* ne me paraît mériter d'être soumise au Congrès auquel il appartient de la discuter, de la juger, et, s'il se peut, de la résoudre.

Un pareil sujet se rattache clairement au but que les initiateurs de ce Congrès lui ont assigné. Et je suis bien aise d'apprendre que mon savant ami, M. le professeur Capellini, avait exprimé la même opinion dès 1874. Pour moi, souhaitant que cette question fût expressément mise en discussion, j'ai prié, dès le mois de mai, le Comité d'organisation de vouloir bien l'inscrire au programme de notre session.

L'ordre du jour, qui vient de nous être distribué, témoigne de la convenance de ma proposition, puisque plusieurs de nos savants confrères, appartenant à des pays très différents, se sont fait inscrire pour traiter le même sujet.

Bien qu'en rédigeant l'ordre du jour, le Bureau ait fort bien résumé ma pensée, je voudrais vous exposer les idées qui m'ont conduit à formuler ma

proposition. Et, pour cela, je vous demande la permission de reproduire textuellement la lettre que j'ai adressée au Comité de Paris.

Il est temps, disais-je, que le Congrès international de Géologie prenne en main une question importante entre toutes pour faciliter l'étude de l'écorce terrestre, celle d'une nomenclature géologique uniforme, pour tous les pays, en ce qui regarde les terrains et les étages.

Comme vous le voyez, Messieurs, j'avais, en écrivant ces lignes, une double préoccupation : l'intérêt que présente pour la science l'unification de la nomenclature, et la voie qu'il convient de suivre pour atteindre le but.

Sur le premier point, j'en suis sûr, personne ici n'aurait la pensée de me contredire. Tous nous connaissons les inconvénients des dénominations multiples et les obstacles qu'elles opposent au développement de nos études. Tous nous travaillons de toutes nos forces pour faire progresser la géologie et pour en inspirer le goût à ceux qui nous entourent, afin qu'il y ait toujours des ouvriers dévoués pour continuer la poursuite de la vérité, pour pousser plus loin les recherches et pour étendre le champ de nos découvertes. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que l'inexorable loi de la nature prive successivement la science de ses meilleurs champions; notre devoir est de lui préparer sans cesse de nouveaux travailleurs. Eh bien, je vous avoue franchement, Messieurs, que nous ne paraissons guère nous en occuper. Au contraire, il semble que nous mettions nos soins à rendre les études géologiques de plus en plus difficiles, de plus en plus exclusives. On pourrait croire que nous prenons à tâche d'en éloigner les jeunes dévouements et d'en faire le domaine d'un petit nombre d'initiés, comme le disait hier notre honorable Président.

Que signifie, à vrai dire, et où nous conduira cette nomenclature des divisions de l'écorce terrestre, dont les termes sont différents pour chaque pays et presque pour chaque localité? Quand même une langue universelle viendrait à être adoptée pour le langage usuel, il ne serait pas possible à deux géologues de s'entendre ,et déjà, en effet, on commence à ne plus pouvoir se comprendre dans le même idiome et dans le même pays. Pourquoi, par exemple et pour en venir aux faits, les uns disent-ils : *terrains primaires*, *secondaires*, *tertiaires*, etc., tandis que d'autres parlent de *terrains de transition*, de *terrains paléozoïques* ou de *terrains intermédiaires?* Et, si nous passons aux étages, pourquoi dire : *étage bajocien*, *danien*, *calcaire à polypiers*, *jura brun*, et encore : *tormidien*, *tongrien*, *faluns*, *molasse conchylière*, *molasse marine*, *calcaire à moellons*, *Leitha Kalk*, etc.? Je m'arrête pour ne point abuser de votre bienveillante attention; d'ailleurs vous connaissez tous cette terminologie bigarrée qui encombre la géologie. Je ne puis pourtant m'empêcher de citer encore un exemple. Hier, en visitant l'exposition algérienne, dans ce palais même, j'ai vu une fort belle collection de *Clypeaster*. Attiré par la beauté des échantillons, j'ai voulu savoir de quel terrain, de quel étage ils proviennent, et j'ai lu : terrain helvétien, terrain sahélien, terrain carténien. Je vous avoue, Messieurs, que je suis resté aussi mal renseigné qu'auparavant : je ne connaissais pas ces nouveaux termes ajoutés à la chronologie de l'écorce terrestre.

Je constate avec regret que, depuis quelque temps, on perd malheureusement

très souvent de vue, dans les études géologiques, le caractère général d'un terrain, pour ne s'attacher qu'à des traits particuliers et locaux. De là naissent à la fois de nouvelles divisions et de nouvelles nomenclatures. Est-il possible, je vous le demande, de rendre ainsi plus facile l'accès de la géologie, et plus rapide la marche de ses progrès? Peut-être dira-t-on qu'il n'y a pas et qu'il n'y a pas eu dans la nature d'uniformité dans les circonstances orographiques ou de similitude dans les conditions biologiques. Mais il ne s'ensuit pas que pour le moindre caractère particulier on doive créer un nouveau terrain, former un étage spécial, et leur donner des dénominations à part. Il suffirait, selon moi, de dire, par exemple, en pareil cas : le miocène moyen de tel pays présente tels caractères locaux, tant au point de vue minéralogique qu'au point de vue stratigraphique ou paléontologique. Mais du moment que les couches considérées présentent le caractère général, typique, admis partout pour définir une portion de l'écorce terrestre, je ne vois pas la raison pour laquelle ces couches ne seraient pas désignées par le nom général consacré, sauf ensuite à indiquer les traits distinctifs.

Cette marche seule pourrait, ce me semble, nous conduire aux meilleurs résultats; elle seule faciliterait à nos élèves l'étude de la géologie. Tous ceux qui parmi nous sont voués à l'enseignement de cette science, savent quelles difficultés on épargnerait aux commençants si l'on pouvait ainsi éviter la variabilité des termes assignés en divers pays aux mêmes divisions.

En face d'une logomachie qui embrouille l'esprit, dégoûte de l'étude et nous menace d'une irrémédiable confusion, nous n'avons, ce me semble, rien de plus urgent à faire que de rétablir une entente commune.

Mais cette nécessité reconnue, et sur ce premier point, je l'espère, nous sommes tous d'accord, il reste à examiner le second point que j'avais en vue, c'est-à-dire le procédé à suivre pour atteindre le but.

A cet égard, il est évident que les convictions ne sauraient s'imposer par les décisions d'un Congrès, et que les savants restent maîtres absolus de leur manière de voir.

Mais tout en respectant les opinions et en ménageant les amours-propres, il faut de toute nécessité, dans l'intérêt de la science, chercher ensemble à établir les bases d'une nomenclature uniforme pour tous les pays, au moins en ce qui regarde les grandes divisions de l'écorce terrestre.

Vous êtes, Messieurs, les juges les plus compétents pour résoudre une question qui intéresse à un aussi haut degré les progrès de la géologie.

Peut-être penserez-vous qu'il faut instituer à cet effet une Commission internationale permanente. Peut-être croirez-vous préférable d'adopter une autre marche.

Je voulais seulement vous saisir de la question, et, rendu plus confiant par l'accueil même que vous lui avez fait, je descends de cette tribune, plein d'espoir dans la solution que vous saurez trouver au grand profit de la science qui nous est chère. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Rutot.

SUR L'ADOPTION DE SUBDIVISIONS UNIFORMES

POUR LES TERRAINS TERTIAIRES.

M. Rutot (Belgique). Messieurs, j'avais primitivement cru pouvoir m'étendre un peu sur ma proposition relative à l'unification de la nomenclature des terrains tertiaires, mais ayant reporté mes soins sur un autre travail, que je comptais avoir également l'honneur de vous présenter, je vais vous exposer le plus brièvement possible ma manière de voir, partagée du reste par la plupart des géologues belges.

Il est évident que, dans un premier Congrès, il ne faut pas songer à s'accorder sur des divisions d'ordre inférieur, nous sommes encore loin d'en être arrivés là; mais ce qui est possible, c'est l'entente sur les grandes divisions.

Pour que l'entente soit durable, il faut que les divisions choisies ne soient pas arbitraires; elles doivent représenter des faits, c'est-à-dire correspondre à des phénomènes généraux, ayant embrassé de larges étendues de terrain.

Or, il est certain que la division du tertiaire qui convient le mieux, à tous les points de vue, est celle qui a été proposée par Lyell et modifiée par M. Beyrich.

Outre le choix heureux qui a présidé à la dénomination, les termes simples et faciles à retenir d'éocène, d'oligocène, de miocène et de pliocène ont l'immense avantage de représenter chacun, des faits qui ont affecté simultanément une grande partie de l'Europe.

Un simple énoncé de ces faits suffira, j'espère, pour faire apprécier non seulement l'utilité, mais encore l'exactitude de la division du terrain tertiaire en quatre parties principales.

Comme nous nous sommes adonné à l'étude de ces terrains en Belgique, ce sont naturellement les séries du bassin de Paris, celles de l'Angleterre et de l'Allemagne du Nord, qui ont le plus attiré notre attention; or, si nous examinons les grands phénomènes qui se sont produits pendant la période tertiaire dans le nord de l'Europe, nous pouvons nous convaincre qu'il en existe quatre principaux, qui ont amené des changements très considérables dans la configuration des terres et des mers.

En effet, après une longue émersion des terrains crétacés, la mer, qui avait abandonné toute l'Europe, y a fait de nouveau une irruption partielle, par suite d'un affaissement du sol.

C'est ainsi que le nord de la France, la Belgique, la Hollande, ainsi qu'une partie de l'Angleterre furent submergés, pendant que les eaux envahissaient également quelques parties des Pyrénées et de la côte nord de la Méditerranée.

Après une longue période d'immersion, simplement troublée par des oscillations locales qui ne déplaçaient guère que la ligne des côtes, en laissant les grands fonds à peu près aux mêmes emplacements, un mouvement de bascule, soulevant le nord de la France et l'Angleterre, transforma ces contrées en lagunes et même en continents. En même temps, une forte dépression correspondante, du nord de l'Allemagne, occasionnait le déplacement de la mer,

qui s'établissait sur une surface n'ayant encore reçu aucun sédiment tertiaire d'origine marine.

Évidemment, une ligne de séparation doit correspondre à cette profonde modification, et la stratigraphie aussi bien que la paléontologie viennent en démontrer la nécessité.

On voit donc que l'introduction du terme oligocène dans la série tertiaire trouve ainsi sa justification; c'est pourquoi nous appuyons vivement sur l'utilité de son adoption générale.

Du reste, si le commencement de la période oligocène est nettement indiqué, la fin n'en est pas moins précise; car, après une longue période d'un calme relatif, un relèvement de tout le terrain submergé, accompagné d'un affaissement du sud de l'Europe, força les eaux d'abandonner complètement l'Angleterre, la Belgique, le nord de la France et de l'Allemagne, pour envahir l'Allemagne du Sud et le bassin méditerranéen, dont les rivages étaient alors bien plus au Nord qu'ils ne le sont actuellement.

Ce grand mouvement, qui a amené de si notables changements dans la distribution des terres et des mers, a évidemment mis fin à la période oligocène et a donné naissance à la période miocène.

Celle-ci, comme les précédentes, a persisté pendant de longues suites de siècles, jusqu'à ce que la partie médiane de l'Europe se soulevant, la séparation nette, qui existe aujourd'hui entre les mers du Nord et la Méditerranée, s'esquissa.

Vers le Nord, les eaux furent rejetées, d'abord dans l'Allemagne du Nord, puis successivement dans la Hollande, la Belgique et l'est de l'Angleterre; pendant que, vers le Sud, elles se restreignaient dans le bassin méditerranéen.

Cette nouvelle modification montre donc la nécessité d'une ligne de séparation, qui distingue le miocène qui finit, du pliocène qui commence.

Au point de vue strict des modifications dans la distribution des continents et des mers, nous serions donc encore actuellement dans la période pliocène, puisqu'aucun changement notable ne s'est opéré en Europe depuis le commencement de cette période, si un phénomène, d'un ordre tout différent, n'avait tracé sur l'immense surface des continents émergés, une nouvelle ligne de séparation qui s'impose à l'esprit par ses énormes effets de dénudation, et par des dépôts d'une grande constance et d'un *facies* tout particulier.

Nous voulons parler de la période quaternaire, que les géologues ont séparée de l'époque pliocène, en y attachant peut-être un peu trop d'importance, au point de vue de l'origine de l'humanité; car si, plus tard, d'amples mouvements géologiques venaient encore à se produire et à amener le déplacement des eaux, les géologues de l'avenir ne pourraient certainement distinguer, dans les fonds des mers actuelles, la ligne de séparation entre le tertiaire et le quaternaire.

Cependant nous nous garderons bien de critiquer en quoi que ce soit l'établissement de l'époque quaternaire, qui correspond à un phénomène dont l'universalité semble aujourd'hui bien établie.

En conséquence, nous proposons donc à tous les géologues qui s'occupent du tertiaire, d'adopter les quatre divisions : éocène, oligocène, miocène et

pliocène, au moins pour ce qui concerne l'Europe, car ces divisions représentent des faits d'application générale, des réalités.

Plus tard, dans les Congrès futurs, nous pourrons peut-être aller plus loin et proposer l'unification de nomenclature des divisions d'ordre secondaire; mais, pour la présente assemblée, contentons-nous de nous mettre d'accord pour les divisions de premier ordre: leur adoption consacrerait déjà un grand progrès.

M. le Président. La parole est à M. Vilanova.

INDICATION DES RÈGLES À ADOPTER
POUR RÉDIGER UN DICTIONNAIRE DE GÉOLOGIE.

M. Vilanova (Espagne). Messieurs, je suis bien aise de venir après tous les savants distingués qui ont traité la question de l'uniformité du langage, car je vais proposer à cette assemblée un moyen pour la résoudre.

En 1867, les étrangers qui ont assisté aux séances de la Société géologique ont reçu, de l'hospitalité parisienne, un magnifique dîner au Grand-Hôtel, et c'est là que j'ai exprimé le désir que la Société se rassemblât un jour en Congrès international pour étudier la manière la meilleure et la plus directe d'arriver à l'uniformité que tout le monde désire.

A cette époque, M. Alphonse de Candolle présentait aussi au Congrès des botanistes un mémoire très important dont la plus grande partie a été adoptée, et dont les conclusions tendaient à faire pour la botanique ce que nous voudrions obtenir pour la géologie, avec bien plus de raison encore, car notre langage est plus difficile et plus embrouillé.

Le 28 août 1876, à l'occasion d'une communication que j'ai eu l'honneur de faire à Autun, à la réunion extraordinaire de la Société géologique de France, j'ai exprimé aussi le même vœu, et, chose qui m'a beaucoup flatté, à peu près le même jour s'est constitué, à Philadelphie, un Comité chargé de rechercher les moyens propres à réaliser cette uniformité du langage. Ce Congrès est le résultat de l'initiative prise par le Comité de Philadelphie, et je me félicite d'être complètement d'accord avec les fondateurs de cette institution. Je désire donc que le Congrès ne finisse pas ici, à Paris, mais qu'il se réunisse périodiquement dans d'autres pays où nous pourrons continuer les intéressantes discussions qui seront soumises à ses délibérations.

Je vois, ici, que M. James Hall parle de la nomenclature des roches paléozoïques; que MM. Sterry Hunt et Barrande nous entretiennent de l'Amérique, des limites du terrain silurien et du terrain cambrien; que M. Stéphanesco s'occupe de la nomenclature uniforme dans tous les pays, en ce qui concerne les terrains et les étages; que MM. de Chancourtois et Renevier appellent aussi notre attention sur l'emploi des couleurs et sur l'unification des conventions pour les cartes géologiques.

Toutes ces questions ne sont, selon moi, que des détails. Il faut considérer les choses d'un peu plus haut. La manière de résoudre le problème, c'est que

tout le monde sache à quoi s'en rapporter lorsqu'il s'agit du langage scientifique; c'est que tout le monde soit d'accord en face des mêmes choses et ne les nomme pas arbitrairement.

En géologie, nous avons à peine comme vocabulaire celui qui a été publié par M. Lecoq, dans ses *Éléments de géologie et d'hydrographie*, et celui de d'Orbigny, dans son *Traité de géologie appliquée.*

Il n'y a, à ma connaissance, que deux petits dictionnaires [1], et je n'ai pu les trouver ni à la Bibliothèque nationale, ni à celles du Muséum ou de la Société géologique; ce sont de petits volumes, rédigés chacun d'après le criterium spécial à son auteur, qui mêle des objets de paléontologie et d'autres sciences avec des termes de géologie. Je propose, en conséquence, au Congrès de vouloir bien prendre ces faits en considération et, si l'importance du sujet l'exige, de daigner nommer une Commission composée de membres éclairés en géologie et versés dans la littérature scientifique. Cette Commission devrait avoir des comités en France, en Angleterre, en Espagne, en Italie, en Allemagne, dont les membres pourraient d'ailleurs travailler chacun pour son compte. Ils discuteraient, terme par terme, tous les noms qui devront composer le dictionnaire de géologie et de géographie, et prépareraient ainsi une première ébauche pour la soumettre plus tard, dans trois, quatre ou cinq ans, aux autres réunions analogues à celle-ci, ou à la future session du Congrès international géologique. Ce premier essai pourrait déjà nous servir de guide pour nous entendre dans toutes les langues, sur la manière d'exprimer les différents termes géologiques.

Pour cela, je crois d'abord que le dictionnaire ne devrait contenir que des noms géologiques et géographiques, à l'exclusion de ceux qui se rapportent à d'autres sciences, sans renfermer, par exemple, des termes paléontologiques, qui sont sans doute très utiles en géologie, mais qui ne sont pas précisément géologiques. Il faudrait faire alors et parallèlement un dictionnaire paléontologique.

Chaque nom doit comprendre son étymologie ou son point d'origine, la synonymie dans les autres langues, une définition en langue française, aussi exacte et aussi brève que possible, et enfin une figure démonstrative des faits que le terme représente. Par exemple, s'il s'agit de strate, on aura successivement l'étymologie et la synonymie : *stratum* en latin, *strato* en italien, *estrato* en espagnol; puis une définition bien discutée et bien exacte de ce que le mot signifie; enfin, et à l'imitation de ce qu'on voit dans le dictionnaire technologique anglais de Webster, quelques figures viendraient indiquer graphiquement l'idée exprimée par le terme strate.

Pour ne pas tomber dans les difficultés qui résultent de tel ou tel système, il faudra s'en tenir à l'acception le plus généralement admise pour les noms qui sont susceptibles de controverse. Quant aux termes : formation, terrain, système, etc., chacun les emploie d'une manière différente, et il en résulte

[1] *An etymological and explanatory Dictionary of the terms and language of Geology*, by Georges Roberts; London, 1839. 183 pages in-16. — *Dictionary of Zoology and Mineralogy*, comprising such terms in Botany, Chemistry, comparative Anatomy, Conchyology, Entomology, Paleontology, etc., by William Humble; 2e édit., London, 1843. 294 pages in-8°.

une grande confusion. Je crois qu'il est temps de reconnaître qu'ils ne signifient pas la même chose, et que cette confusion est très préjudiciable à l'étude de la géologie et à son véritable progrès.

Ces considérations ne sont que l'indication des mesures qui pourront être prises par les Comités, si le Congrès croit utile de les constituer. Je pense que toutes les nations de l'Europe s'intéresseraient à cette question, et chaque membre des Comités devrait s'adresser à son propre Gouvernement pour un ouvrage qui est d'utilité générale dans la science du globe. Voilà tout ce que j'avais, Messieurs, à dire au Congrès. (Applaudissements.)

DISCUSSION.

M. le Président. Messieurs, j'ouvre maintenant la discussion, et je donnerai, en premier lieu, la parole à M. Sterry Hunt, que je prierai de prendre ensuite le fauteuil de la présidence.

M. Sterry Hunt (Canada). Messieurs, j'ai quelques observations à faire sur plusieurs questions qui ont été soulevées au cours de notre séance.

M. Vilanova rappelle d'abord un fait qui mérite d'être signalé en passant. Il cite la date du 28 août 1876 comme l'occasion où il avait indiqué l'indispensable nécessité d'un Congrès géologique international. Je regrette que le jour ne coïncide pas avec la date de la première conception, pour ainsi dire, du Congrès actuel; mais je dois constater que c'était trois jours auparavant que le Comité fondateur, dont j'ai eu l'honneur d'être secrétaire, a eu sa première réunion. On peut toujours dire que l'idée était contemporaine des deux côtés de l'Océan.

Pour les matières qui devraient occuper notre Congrès, il me semble que ce sont surtout des questions générales, et je crois que quelques-uns de ceux qui ont envoyé des communications ou qui se sont fait inscrire, ont mal apprécié le but du Congrès. J'ai reçu, par exemple, un long mémoire, qui m'avait été remis par M. le Secrétaire : *Sur la géologie du Brésil.* Je l'ai trouvé plein d'observations précieuses sur la stratigraphie et la paléontologie d'une région fort peu connue, de faits nouveaux et très importants pour la science; mais, après l'avoir lu et y avoir bien réfléchi, je me suis dit que cette communication ne convenait pas à notre Congrès; c'est une communication que je présenterais volontiers à la Société géologique de France; mais, comme elle n'énonce aucun principe général, je l'ai rejetée. (Assentiment.)

Quant à la question des cartes géologiques et des couleurs qu'on devait employer, je n'ai nullement eu l'idée qu'on pût la résoudre dans un premier Congrès comme celui-ci. Dans la lettre-circulaire que j'ai rédigée en anglais, en français et en allemand, que j'ai envoyée partout et qui était comme le premier appel au monde géologique pour se réunir à Paris, j'ai indiqué cette question comme étant une de celles que le Congrès devrait prendre en considération, afin d'arriver plus tard aux bases d'un système général. Notre honorable Président s'est chargé de correspondre avec les géologues, appartenant à des pays qui ne se trouvent pas représentés ici, notamment l'Allemagne et

l'Angleterre, afin de donner aux décisions du Comité du futur Congrès un caractère vraiment international et, pour ainsi dire, œcuménique.

La question des cartes géologiques n'est nullement de ma compétence, et je n'ai pas la prétention de m'en occuper; mais vous me permettrez peut-être d'en dire quelques mots. En ce qui concerne le coloriage, il me semble qu'il faut s'occuper plutôt des groupes chronologiques et stratigraphiques que des différences minéralogiques. Je ne parle pas de cartes faites pour faciliter l'étude de la géologie économique d'un pays où il faut indiquer les gisements de calcaires, de grès et de houille, mais de celles faites pour représenter les grandes divisions de terrains qui offrent souvent, dans leur étendue, des différences notables, et renferment, dans leur ensemble, des types très variés; ce qui arrive surtout pour les terrains cristallins. Il faudrait donc adopter des désignations et des divisions géognostiques et non pas lithologiques.

On vient de nous proposer, pour désigner les terrains, les trois couleurs primitives, c'est-à-dire le jaune, le bleu et le rouge, avec des variations de nuances ou autres pour indiquer les roches paléozoïques, mésozoïques et cénozoïques ou leurs divisions. L'idée me paraît ingénieuse, et je crois qu'on peut en tirer parti; mais je rappellerai aussi les roches plus anciennes et pré-paléozoïques, les terrains cristallins qui, jusqu'à présent, ont été très mal traités et n'ont pas reçu l'attention qu'ils méritent dans le monde géologique. On doit, il me semble, dans l'état actuel de nos connaissances, marquer au moins les quatre grandes divisions géognostiques que je viens de nommer. On pourrait très bien employer, pour les désigner, les quatre couleurs : bleu, rouge, vert et jaune, avec leurs nuances. De cette manière, on arrivera aux cartes géologiques générales des continents. Mais, pour les cartes des régions plus restreintes, où l'on veut indiquer les subdivisions moindres, je suis d'avis qu'il faudrait avoir recours à des conventions particulières et des figurés spéciaux.

Je dois dire que cette idée des couleurs avait déjà été adoptée jusqu'à un certain point par un illustre géologue, M. le professeur Louis Agassiz.

Je me rappelle bien que, dans sa grande collection paléontologique, à Cambridge, il avait indiqué, par des étiquettes de diverses couleurs, les principales divisions géologiques; de sorte qu'en passant dans les galeries, on reconnaissait de suite si l'on avait affaire aux restes organiques du terrain carbonifère ou du terrain jurassique.

Encore une question. Comment doit-on représenter, sur nos cartes, les roches éruptives? Elles ont joué certainement un rôle beaucoup plus important dans nos systèmes, que celui qu'elles sont destinées à jouer à l'avenir; car je suis persuadé que beaucoup de roches, jusqu'à présent rangées parmi les terrains éruptifs, seront désormais classées dans les terrains stratifiés et indigènes. J'ai visité, il y a quelques jours, le pays de Galles avec M. le Dr Hicks, qui l'a étudié avec un si grand succès; j'ai reconnu ce fait, très bien établi par lui, que les grandes étendues de porphyres et de grünstein de cette région, que les géologues anglais ont jusqu'à présent représentées comme formées de roches éruptives au milieu du terrain cambrien, appartiennent à des terrains stratifiés de la période précambrienne. Il faudrait désormais les figurer sur les cartes géologiques du pays par trois couleurs distinctes.

Quant aux roches véritablement éruptives, on a quelquefois cherché à représenter, par des couleurs diverses, leurs différences lithologiques, et à distinguer ainsi entre les roches basiques et les roches acides. Mais, si l'on vient à considérer le passage insensible qu'offrent entre elles les roches de ces deux groupes et l'association intime dans laquelle elles se trouvent dans la nature, on est alors conduit à admettre qu'il faudra représenter, sur nos cartes générales, toutes les roches éruptives par une seule couleur.

Un autre point sur lequel je désire surtout appeler l'attention de la Commission de nomenclature géologique, c'est la définition exacte des divers termes de système, de formation, de terrains, d'étages..... M. Vilanova a déjà touché ce point; mais on ne peut pas assez insister sur la nécessité de fixer les valeurs relatives de ces termes dans nos classifications. Quant au mot *système*, les uns l'emploient pour les grandes divisions, tandis que d'autres géologues s'en servent pour les subdivisions d'ordre secondaire. Ne vaudrait-il pas mieux renoncer à l'usage de ce mot pour désigner une partie quelconque de la succession géologique? Pour ma part, je ne vois, dans toute cette succession, depuis l'origine du globe jusqu'à nos jours, qu'un seul et même système géologique.

Permettez-moi de dire encore un mot sur l'emploi du terme «époque» en géologie. Ce mot a été employé par plusieurs géologues avec une acception qu'il n'a certainement pas: «époque» veut dire «point de départ» et non pas «période». Si vous voulez parler de «l'époque d'une éruption», c'est fort bien; mais si vous dites «l'époque silurienne, l'époque carbonifère», vous faites du mot «époque» un emploi que ne justifie pas son étymologie et qui ne répond pas à l'idée qu'il exprime. Mais, Messieurs, je n'abuserai pas plus longtemps de votre bienveillance; je vous prie seulement de m'excuser pour la façon irrégulière et par trop superficielle avec laquelle j'ai touché ou plutôt effleuré ces questions; mais je tenais à vous faire part dès aujourd'hui des pensées qu'ont fait naître dans mon esprit les communications si pleines d'intérêt que nous venons d'entendre. (Applaudissements répétés.)

M. le Président. La parole est à M. Barrande, qui doit présenter quelques observations.

M. Barrande. Je vois, sur le programme, que M. Sterry Hunt se propose de parler demain sur les limites du terrain cambrien; j'attendrai donc, si vous le permettez, pour dire un mot à ce sujet. Je crois qu'aujourd'hui, et avant d'avoir entendu M. Sterry Hunt, mes observations seraient prématurées. (Très bien! très bien!)

M. le Président. La parole est à M. Capellini.

M. Capellini (Italie). J'ai demandé la parole, Messieurs, d'abord pour remercier M. le professeur Stéphanesco des paroles sympathiques qu'il a bien voulu m'adresser, et aussi pour appuyer, de toutes mes forces, les propositions de MM. Vilanova et Stéphanesco; car elles me semblent du plus haut intérêt et de la plus grande importance pour le succès de notre Congrès, pour l'avenir de notre science.

Je n'ai pas besoin, Messieurs, de vous rappeler que, déjà, en 1874, j'avais essayé de réunir, en Italie, un Congrès international, dans le but d'arriver à l'unification du langage géologique et du coloriage des cartes. M. Stéphanesco a bien voulu faire allusion à mes efforts. Dès la première fois que j'ai communiqué mon idée au Gouvernement italien, j'ai songé aux difficultés de toutes sortes qu'il aurait fallu surmonter pour arriver à un accord parmi les géologues; et, aujourd'hui encore, je ne me dissimule pas que nous aurons beaucoup de peine à atteindre le but que nous poursuivons. Cependant j'ai la plus grande confiance dans notre œuvre, et j'espère bien que nous obtiendrons un résultat très satisfaisant. Ce ne sera pas, sans doute, dans ce premier Congrès, que je regarde en quelque sorte comme une session préparatoire, mais certainement dans l'avenir, dans quelques années. Et ce sera, Messieurs, grâce au travail assidu et consciencieux des membres de la Commission internationale qui vient d'être proposée par les orateurs qui m'ont précédé à cette tribune, et qui, j'espère, sera acceptée par l'assemblée et nommée à l'unanimité.

Même après que les Congrès géologiques internationaux auront sanctionné certaines vues, certaines divisions, certaines méthodes, et que tout le monde sera convaincu de leur utilité et de la nécessité de les adopter, je ne me dissimule pas qu'il y aura encore des géologues réfractaires qui tarderont à suivre la voie du progrès, que nous ouvrons en ce moment, ou bien qui refuseront nettement d'accepter nos conclusions. Mais, Messieurs, il ne faut pas, et il ne faudra pas nous décourager pour cela : ce n'est pas au lendemain qu'il faut viser, c'est à l'avenir, à l'avenir même lointain, si vous le voulez. (Bravos et applaudissements.)

Nous n'avons pas la prétention d'accomplir si vite notre œuvre; nous ne devons pas songer à recueillir les fruits de notre travail; mais, avec la plus grande confiance dans l'utilité de nos efforts, nous devons frayer le chemin et, par des études sérieuses, indiquer et tracer la voie à ceux qui viendront après nous! (Nouveaux applaudissements.)

C'est pour ces motifs, Messieurs, que je vous engage à vous intéresser, d'une manière spéciale, aux questions posées aujourd'hui devant vous. J'espère que vous voudrez bien donner votre appui et votre concours à ce qui nous a été proposé par M. Vilanova, surtout en ce qui concerne la nomination d'une Commission internationale pour étudier l'unification du langage géologique et du coloriage de nos cartes. Pour ma part, je ne doute pas que nous ne puissions arriver à notre but, si nous nous bornons d'abord à établir les plus grandes divisions, les grands traits, comme règle à suivre partout, et qu'ensuite nous accordions aux petites ambitions des auteurs, chez les différentes nations, quelque liberté dans les travaux de détail.

Déjà j'ai entendu parler de restreindre le plus possible le nombre des teintes pour le coloriage des cartes géologiques internationales, et l'intérêt de cette proposition n'a pas besoin d'être démontré.

M. Sterry Hunt s'est aussi à peu près prononcé pour un pareil système : il trouve seulement utile, indispensable même, qu'au lieu de se limiter à trois couleurs, on adopte l'emploi d'une quatrième nuance. Il est évident, pour moi, qu'il ne sera pas impossible de nous mettre d'accord; seulement si nous

voulions entrer dans trop de détails et nous occuper des moindres subdivisions, nous aurions immédiatement à lutter contre des difficultés énormes et peut-être insurmontables.

Je me permets donc de recommander que tous ceux qui auraient des idées sur ce sujet veuillent bien nous en faire part et nous soumettre leurs observations, afin qu'après une discussion consciencieuse, cette question puisse être vidée complètement, et qu'une première décision puisse être le résultat utile de notre première réunion. (Vifs applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Buvignier.

M. Buvignier. Messieurs, j'ai demandé la parole à propos de la communication de M. Renevier.

Notre savant confrère propose d'indiquer, sur les cartes géologiques, les principales divisions des terrains, par une teinte plate affectée à chacune d'elles, teinte sur laquelle on indiquerait les subdivisions par différents systèmes de hachures. A première vue, cette convention paraît assez facilement applicable lorsque les subdivisions sont peu nombreuses; mais en est-il de même lorsqu'elles le deviennent davantage?

M. de Chancourtois a présenté une première objection contre le système des hachures auxquelles il voudrait réserver un autre rôle. Je me bornerai, quant à moi, à poser une simple question pratique. J'ai fait la carte géologique du département de la Meuse. Les terrains jurassiques constituent environ les 9/10 de ce département. J'aurais donc dû colorier ma carte presque entièrement en bleu, en distinguant les subdivisions par les hachures. Or, j'ai indiqué cinq subdivisions dans le lias, deux seulement dans l'étage oolithique inférieur, trois dans l'étage moyen et trois dans l'étage supérieur, en tout treize subdivisions dans mon travail, tel que je l'ai exécuté.

Mais les terrains jurassiques se montrent dans le département de la Meuse avec une puissance qu'ils n'atteignent nulle part ailleurs, et avec une régularité qui ne permet pas les confusions stratigraphiques qui peuvent se produire dans les pays de failles ou de contournements. Aussi, convaincu que, dans ces circonstances, les terrains de la Meuse pouvaient être considérés comme le type du système jurassique, j'avais eu l'intention de reprendre mon travail d'une manière plus détaillée. Ainsi j'aurais cherché à établir dans l'étage inférieur les quatre subdivisions généralement adoptées; j'aurais séparé dans l'oxford-clay les 150 mètres d'argiles inférieures, qui forment la plaine de la Woèvre, des 100 mètres de calcaires argilo-siliceux, qui constituent la base des coteaux coralliens; j'aurais établi dans les 140 mètres du système à astartes au moins quatre subdivisions parfaitement caractérisées, et au moins trois dans le puissant massif des calcaires portlandiens du Barrois; j'aurais donc eu vingt et une subdivisions des terrains jurassiques. Je demande s'il aurait été facile de trouver vingt combinaisons différentes de hachures représentant, sans confusion, sur une même carte ces vingt et une subdivisions.

Avant de finir, je demanderai la permission d'ajouter un mot sur la communication de M. de Chancourtois.

M. de Chancourtois a dit que l'échelle du Dépôt de la guerre était insuf-

fisante pour reproduire, en vue de recherches pratiques, les détails géologiques du terrain. Je suis loin de contester la vérité de son assertion, mais je n'en crois pas moins que nous avons contribué puissamment aux progrès de l'étude détaillée de la géologie de la France, lorsque avec mon savant et regrettable ami Sauvage, nous avons sollicité, et obtenu avec beaucoup de peine, l'autorisation de publier la carte géologique sur la carte du Dépôt de la guerre. La preuve que cette mesure était utile, c'est que presque toutes les cartes départementales, publiées après la nôtre, l'ont été à la même échelle; tandis que celles qui l'avaient précédée étaient généralement à une échelle voisine du 200 000e : c'est que le Dépôt de la guerre lui-même s'était progressivement relâché dans les restrictions qu'il mettait à ses autorisations. Ainsi, après avoir limité à cent exemplaires le tirage de la carte des Ardennes, il en accordait, un peu plus tard, deux cents pour la Meuse et, plus tard encore, trois cents pour la Marne.

M. de Chancourtois. M. Buvignier s'est certainement mépris sur mes intentions, s'il a attribué à quelques-unes de mes paroles un sens critique, au sujet des cartes du Dépôt de la guerre ou de leur emploi. Nous avons été trop heureux de les trouver. Je suis d'ailleurs bien loin de penser que les cartes géologiques au 80 000e ne sont pas des travaux utiles. Nous n'avons guère encore que celles-là, et je me garderais bien d'en dire du mal. J'ai seulement émis le vœu que l'on aille désormais et promptement plus loin.

La question des échelles, qui vient d'être touchée incidemment, a été traitée par moi dans diverses études sur les systèmes de cartes.

J'avais le désir, Messieurs, de vous offrir ces études aujourd'hui même, avec d'autres brochures, relatives à ma communication d'hier; mais j'ai préféré ne pas les faire distribuer, afin de vous épargner la peine de les emporter, et j'aurai l'honneur d'envoyer le tout au domicile de chacun des Membres du Congrès. (Très bien! — Applaudissements.)

M. le Président. Messieurs, j'ai l'honneur de vous informer que M. Daubrée recevra demain jusqu'à une heure et demie, à l'École des mines, ceux d'entre vous qui voudront bien s'y présenter. On me prie de vous annoncer en outre que lundi, à onze heures, 62, boulevard Saint-Michel, vous serez également reçus au service de la carte géologique de France. Enfin le mardi, à dix heures du matin, au pavillon des Travaux publics à l'Exposition, M. le Directeur de la carte géologique se tiendra à votre disposition pour étudier avec vous les travaux de son service.

La parole est à M. Gosselet.

M. Gosselet. Je tiens, Messieurs, à ne pas retarder la communication de M. Sterry Hunt; mais, à la demande de plusieurs de mes amis, je vous exprimerai en quelques mots un désir qui nous est commun. Nous voudrions que l'on examinât quelles sont les conclusions réellement pratiques que nous devons tirer des discussions qui viennent d'avoir lieu dans cette réunion.

Il y a eu, au sujet des cartes géologiques, deux courants :

Les uns demandent l'adoption de couleurs uniformes pour chaque grand

terrain. Les autres croient la chose impossible. Les premiers veulent même que ces couleurs soient disposées selon l'ordre du spectre solaire. C'est une idée théorique que je crois excellente, et la preuve c'est que je l'ai employée pour une carte à très petite échelle et à divisions peu nombreuses. Les autres pensent qu'une gamme de couleurs usitée dans un pays ne peut pas y être modifiée.

J'estime donc qu'il serait bon que, sans attendre un Congrès ultérieur, qui viendra dans trois ans, peut-être même plus tard, nous ayons une réunion particulière de tous ceux que la question intéresse, de façon à discuter à loisir, et à pouvoir, sans prendre de résolution définitive, nous éclairer dès maintenant sur ces différents points. Mon vœu se réalise en partie, puisque M. le Président vient d'annoncer qu'il y aurait réunion dans le local de la carte géologique de France, et dans celui de l'exposition du Ministère des travaux publics. Il ne me reste plus qu'à engager nos collègues, qui s'occupent de cartes, à ne pas manquer au rendez-vous.

Il y a d'autres points essentiellement pratiques et qui demandent à être examinés dès maintenant. Nous nous proposons d'arriver à une nomenclature uniforme et de simplifier les termes employés en géologie. C'est fort bien, mais encore ne faut-il pas que cette réglementation soit poussée à l'extrême, ni qu'elle vienne porter atteinte à la liberté scientifique de chacun. Il ne faut pas surtout qu'elle vienne faire obstacle au progrès de la science. Telle réglementation, qui sera bonne aujourd'hui ou demain, ne le sera peut-être plus dans cinq ou six ans.

Je regrette, sous ce rapport, qu'un de nos collègues n'ait pas développé les idées qu'il avait émises sur la valeur des termes géologiques.

Je crois que ce qu'il y a à faire d'abord, c'est d'indiquer quelle est la valeur exacte de ces termes; de préciser ce que nous devons entendre par les mots : *terrain*, *formation*, *époque*, et, pour cela, il faudrait prendre un type particulier, et dire, par exemple : un *terrain*, c'est un ensemble de couches, comme celles qui s'étendent depuis le lias jusqu'au portlandien inclusivement. Je prends pour exemple le terrain jurassique, parce que je pense que tout le monde admet que l'ensemble des couches jurassiques constitue bien un *terrain*. Chacun alors sera libre, soit d'assimiler au terrain jurassique le silurien, le dévonien, le carbonifère, etc..., soit, au contraire, de suivre la classification de d'Orbigny (opinion que peu de personnes partagent maintenant), et de considérer les trois derniers groupes cités comme des subdivisions du terrain paléozoïque, lequel, dans son ensemble, serait un terme de même valeur que le terrain jurassique. Dans la prochaine séance, on nous parlera du terrain carbonifère et du terrain permien. On considère généralement ces deux groupes de couches comme deux grandes divisions égales et distinctes de la série stratigraphique. Cependant quelques géologues, et je suis du nombre, pensent que le carbonifère et le permien doivent être réunis, et que cet ensemble est une division de même ordre que le terrain jurassique; c'est là une question qui ne peut être réglementée par aucun Congrès, parce que c'est une question de liberté scientifique. Ce qu'il importe donc de fixer réglementairement, c'est ce qu'on doit entendre par le mot *terrain*, par les mots *étages*,

assises, *zones*, et ainsi de suite. Ce sont là des idées qui doivent essentiellement s'imposer à l'attention de la Commission appelée à s'occuper de l'unification de la nomenclature.

J'exprime, en terminant, le vœu que cette Commission ne soit pas désignée d'une manière vague, générale, indéterminée, de telle façon qu'elle n'arrive à aucun résultat, ou du moins à aucun résultat effectif; mais qu'au contraire elle soit nommée par le Bureau, parmi les géologues les plus distingués des différentes nations. Il faut que les membres de cette Commission puissent conférer ensemble afin de présenter un rapport lors de la prochaine réunion du Congrès. Il serait bon, en outre, que cette Commission fût nommée immédiatement et qu'elle pût, dès maintenant, se livrer à un travail sérieux et suivi. (Applaudissements.)

M. le Président. Messieurs, puisque la discussion semble épuisée, et que, d'ailleurs, l'heure n'est pas encore avancée, devons-nous anticiper sur notre prochaine séance et entendre dès aujourd'hui la communication de M. Sterry Hunt?

Il serait peut-être préférable de ne pas scinder la discussion, et de laisser tel qu'il a été fixé l'ordre du jour de demain. M. Sterry Hunt prendrait le premier la parole. (Assentiment général.)

La séance est levée.

SÉANCE DU SAMEDI 31 AOÛT 1878.

PRÉSIDENCE DE M. SZABO,

CONSEILLER ROYAL, PROFESSEUR DE GÉOLOGIE À L'UNIVERSITÉ DE BUDAPEST.

Assisté de MM. Hébert, A. Favre, J. Hall, de Kokscharow, Liversidge, de Moeller, Sella.

Sommaire. — Dons. — **Questions relatives aux limites et aux caractères de quelques terrains.** — Communications : Sur les limites du terrain cambrien, par M. Sterry Hunt. — Sur le maintien de la nomenclature établie par Murchison, par M. Barrande. — Observations de MM. Hébert et Ch. Mayer. — Sur la nomination des commissions internationales pour l'unification de la nomenclature et du figuré des cartes géologiques, par M. A. Favre. — Composition et divisions générales du système carbonifère, par M. de Moeller. — Observations de MM. Gosselet et de Lapparent. — Limites du terrain carbonifère et du terrain permien en Amérique d'après l'étude de leurs flores, par M. Lesley. — Observation de M. Hébert. — Limites du trias et du lias dans le Morvan, par M. Ch. Vélain. — Observation de M. Michel-Lévy. — Sur quelques fossiles cambriens, par M. Malaise. — Projet de réimpression des ouvrages de paléontologie, par M. Almera. — Observation sur l'utilité d'un langage uniforme, par M. Vilanova.

La séance est ouverte à deux heures.

M. le Président. Au nom du Congrès, Messieurs, j'ai l'honneur d'inviter à prendre place au bureau nos éminents confrères, M. Sella, ancien ministre des finances du royaume d'Italie, président de l'Académie royale des *Lincei*, et M. le général Kokscharow, membre de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg. (Applaudissements prolongés.)

Je suis chargé de vous communiquer, Messieurs, une lettre que M. Gaudry, président de la Société géologique de France, vient de recevoir de Mme Prestwich, et qui lui annonce qu'une indisposition subite empêche M. Prestwich de venir partager les travaux du Congrès.

La parole est à M. Hébert.

M. Hébert. Messieurs, M. le professeur Liversidge, de l'Université de Sydney, me charge de vous annoncer que la Commission internationale de l'Exposition de la Nouvelle-Galles du Sud a fait déposer, sur la table qui se trouve à l'entrée de la salle, un assez grand nombre d'exemplaires des ouvrages suivants :

Carte minéralogique et statistique générale de la Nouvelle-Galles du Sud. Sydney, 1878.

Carte agricole et statistique générale de la Nouvelle-Galles du Sud, 1878.

Remarks on the sedimentary formations of New South Wales, by Rev. W. B. Clarke, M. A., F. R. S., etc., 4e édition 1878.

Progrès et ressources de la Nouvelle-Galles du Sud, par M. Ch. Robinson.

The official Handbook of New-Zealand, a collection of papers by experienced colonist. London, 1875.

Ceux d'entre vous qui désirent un exemplaire de ces ouvrages peuvent en recevoir, à la seule condition d'inscrire leur nom sur un registre.

La même Commission, par les soins de M. le professeur Liversidge, offre à la Société géologique un grand ouvrage intitulé : *Transactions of New-Zealand Institut; Geological Survey of New-Zealand Reports.*

Cet ouvrage, qui restera à la bibliothèque de la Société, pourra, pendant toute la durée du Congrès, être consulté par nos confrères. Je me fais votre interprète, Messieurs, pour remercier M. le professeur Liversidge de ce don précieux, et de la libéralité avec laquelle son Gouvernement met à la disposition de tous les membres du Congrès des publications si rares et si intéressantes. (Applaudissements.)

M. le Président. Je suis chargé de vous annoncer la publication d'un ouvrage qui répond, en partie, au vœu émis par M. Vilanova. C'est le *Nomenclator stratigraphicus* de M. Lebour.

Malheureusement, je n'en ai qu'un spécimen que je mets à votre disposition pour être examiné. L'auteur, qui est un géologue très connu, l'un de nos collaborateurs les plus actifs, réclame des souscriptions; ce qui seulement pourra hâter la publication de l'ouvrage.

Je donne maintenant la parole à M. Choffat pour une présentation d'ouvrage.

M. Choffat (Suisse). Messieurs, il y a deux jours que M. de Chancourtois mentionna les ploiements considérables qui ont eu lieu dans le canton d'Uri, ploiements qui ont amené les représentants des terrains permiens et carbonifères à recouvrir le terrain éocène.

D'un autre côté, lors de la discussion relative au coloriage des cartes géologiques, il a été question de l'emploi des hachures dans le sens de la stratification.

Je pense qu'il ne serait pas sans intérêt, pour les membres du Congrès, de jeter un coup d'œil sur un ouvrage tout récent qui contient des vues et des coupes du canton d'Uri, avec une carte où le pointillé et les hachures sont employés dans le sens de la direction des strates.

Il porte le titre de : *Recherches sur le mécanisme du soulèvement des montagnes, faisant suite à une monographie géologique du groupe du Toedi et des Windgaellen*, par M. Heim, professeur, à Zurich. Je le dépose sur le bureau du Congrès [1].

M. le Président. Je remercie M. Choffat, au nom du Congrès, et je prie M. Sterry Hunt de prendre la parole.

[1] *Untersuchungen über dem Mechanismus der Gebirgs-Hebungen zum Anschluss an einer geologischen Monographie der Toedi-Windgaellen-Gruppe.* Basel, Hugo Richter, 1878.

SUR LES LIMITES DU TERRAIN CAMBRIEN.

M. Sterry Hunt (Canada). Pour développer devant vous, Messieurs, l'importante question que je me propose de traiter, je dois d'abord rappeler l'histoire du terrain cambrien établi par le professeur Sedgwick, qui comprenait sous ce nom les couches sédimentaires du pays de Galles, depuis leur base, représentée par le grès d'Harlech, jusqu'au sommet du groupe de Bala, auquel succède le grès de May-Hill, qui forme la base du terrain silurien de Murchison. Ce terrain cambrien, d'après Sedgwick, se divisait en trois parties: le cambrien inférieur, formé du grès d'Harlech et des schistes de Llanberis, auquel on a joint les schistes ménéviens, séparés plus tard de la base du cambrien moyen. Cette division comprend les dalles à lingules et le groupe de Trémadoc. Vient ensuite le cambrien supérieur, composé des groupes d'Arénig et de Bala; ce dernier étant l'équivalent des deux groupes de Llandeilo et de Caradoc de Murchison. Il est bien reconnu aujourd'hui que c'était par une erreur grave dans la stratigraphie, que Murchison avait été amené à réunir le groupe de Bala, sous le nom de silurien inférieur, au vrai terrain silurien. Cette erreur avec ses suites a entraîné une grande confusion dans la nomenclature géologique.

Pour ce qui regarde la limite supérieure du terrain cambrien, on sait que pendant plusieurs années Murchison s'est contenté de réclamer comme formant partie du terrain silurien, la division supérieure du cambrien, tout en conservant le nom de cambrien pour les divisions moyenne et inférieure du système de Sedgwick. Ce n'est que plus tard, lorsqu'on eut découvert des restes organiques dans les couches qu'on a nommées les dalles à lingules, que Murchison a voulu annexer au terrain silurien, sous le nom de silurien primordial, toute la division moyenne du cambrien de Sedgwick, y compris la formation ménévienne, limitant ainsi le nom de cambrien aux groupes d'Harlech et de Llanberis. Cette nomenclature fut adoptée par le *Geological Survey* de la Grande-Bretagne dont Murchison était directeur, et, sur sa demande personnelle, par les membres de la Commission géologique du Canada, dirigée alors par Sir William Logan, dont l'exemple fut suivi par quelques géologues américains. M. Barrande aussi acceptait les idées de Murchison et allait même au delà, car, en 1871, il a voulu réunir au silurien primordial, non seulement les schistes ménéviens, mais une grande partie du groupe d'Harlech, dans lequel le Dr Hicks avait découvert une faune analogue à celle du ménévien. Les idées de MM. Murchison et Barrande ne furent pas partagées par la plupart des géologues anglais, même par ceux qui acceptaient volontiers le nom de silurien inférieur ou celui de cambro-silurien pour la division supérieure du cambrien de Sedgwick. Dans leurs manuels de géologie, la nouvelle nomenclature de Murchison fut rejetée par MM. Lyell et Jukes, qui, avec Phillips, Davidson, Belt, Harkness et Hicks, conservaient pour les deux autres divisions de Sedgwick le nom de cambrien. Linnarsson en Suède et Kjerulf en Norvège adoptent la même délimitation pour la base du terrain silurien, ce dernier savant remplaçant le nom de cambrien par celui de taconique. Enfin, le professeur Hughes de Cambridge, ainsi que quelques autres géologues anglais et

américains, parmi lesquels je me place, désirent maintenir l'ancienne nomenclature de Sedgwick, et conserver le nom de cambrien non seulement à la division inférieure et à la division moyenne de son système, mais aussi pour la division supérieure comprenant les groupes d'Arénig et de Bala, qu'on a désignés sous les divers noms de silurien inférieur, de cambro-silurien ou de siluro-cambrien.

Quant à la base du terrain cambrien dans le pays de Galles, il s'y trouve des roches cristallines, qui, d'après Murchison et les géologues officiels, étaient en partie des roches plutoniques et en partie des sédiments cambriens, ayant subi une altération dans le voisinage des premières. Sedgwick au contraire, tout en y admettant l'existence de roches plutoniques, voyait dans les schistes cristallins de l'Anglesea et du comté de Carnarvon des portions d'un terrain précambrien. Les études récentes du Dr Hicks et d'autres savants dans cette région ont mis hors de doute que les soi-disant granites et porphyres, aussi bien que les schistes cristallins, désignés par lui respectivement sous les noms de dimetien, arvonien et pébidien, appartiennent tous à des terrains précambriens qui étaient déjà dans leur état cristallin avant le commencement de la période cambrienne, dont les conglomérats renferment souvent des fragments de ces roches cristallines.

Dans une communication que je me propose de présenter au Congrès sur les terrains précambriens de l'Amérique du Nord, je signale les rapports que j'ai observés entre les groupes établis par le Dr Hicks dans le pays de Galles et les terrains pré-cambriens de l'Amérique du Nord. Je suis conduit ainsi à rapporter le dimetien au laurentien, le pébidien au huronien, et l'arvonien aux petrosilex ou hälleflinta que j'ai trouvés dans l'Amérique à la base du huronien. Dans les environs de Dublin, en Irlande, le grès de Bray, que l'on regarde comme appartenant à la base du terrain cambrien, paraît succéder à une série de micaschistes avec gneiss et granites, qui se trouve très développée dans les montagnes de Wicklow et qui semble être identique au terrain montalban de l'Amérique du Nord.

Suivant moi, la série désignée par Emmons sous le nom de taconique supérieur est l'équivalent du cambrien inférieur et moyen du pays de Galles, tandis que le taconique inférieur ou vrai taconien, dans l'état actuel de nos connaissances, ne paraît pas être représenté dans le pays de Galles. Dans la Norvège cependant, d'après Kjerulf, il existe, à la base du cambrien, désigné par lui comme taconique supérieur, une épaisseur considérable de grès avec schistes talqueux, quartzites, dolomies et calcaires, formant une série qu'il nomme taconique inférieur. Je pense que l'on pourrait peut-être rapporter à cet horizon les calcaires, avec quartzites et schistes lustrés, qui, dans le nord de l'Italie, se rencontrent à la base du terrain paléozoïque.

M. le Président. La discussion va commencer. Je donne la parole à M. Barrande.

DU MAINTIEN DE LA NOMENCLATURE
ÉTABLIE PAR M. MURCHISON.

M. Barrande. Messieurs, je ne veux pas discuter ici tous les points que l'honorable M. Sterry Hunt vient de vous exposer; ce serait beaucoup trop long. Je veux seulement vous exprimer un regret, c'est que nos maîtres Murchison et Sedgwick n'aient l'un et l'autre cultivé que la stratigraphie et qu'ils aient négligé la paléontologie. Je crois qu'il faut, pour faire de la géologie complète, faire aussi bien de la stratigraphie que de la paléontologie, et de la paléontologie aussi bien que de la stratigraphie. Si ces illustres savants avaient été pourvus de connaissances paléontologiques, il n'y aurait pas eu cette confusion, dont a parlé M. Sterry Hunt; car, à première vue, ils auraient reconnu les fossiles qui distinguent les faunes paléozoïques, aussi bien en Angleterre que partout ailleurs.

Après avoir mis de côté les questions de personnes, permettez-moi de vous exposer tout simplement mes vues, parce que je crois qu'une discussion comme celle que vient d'entreprendre M. Sterry Hunt nous conduirait beaucoup trop loin et à des choses trop délicates. On peut en parler entre amis, on ne peut pas tout dire devant une réunion comme celle-ci.

Je commence d'abord par rendre hommage, et un hommage complet, à nos confrères américains, qui sont représentés ici par plusieurs de leurs illustrations scientifiques. Nous pouvons dire que les Américains nous ont donné le plus bel exemple pour l'étude des terrains anciens, et qu'ils sont arrivés à des résultats très remarquables. On doit se rappeler qu'ils ont commencé ces travaux avant qu'on s'en occupât en Europe. Ils ont travaillé d'abord séparément dans divers États, mais leurs premières classifications ne se sont pas accordées, et il a fallu faire des modifications et des compositions entre les unes et les autres. Enfin on est arrivé à une nomenclature, aujourd'hui généralement adoptée. Cette nomenclature est exposée là, sur ce tableau. Elle doit être considérée comme un monument du travail de nos confrères américains. Mais, serait-elle parfaite pour l'Amérique, elle n'est pas exactement applicable à tout l'univers silurien ou paléozoïque. Elle n'est pas applicable, en quelques points, à cause de la raison paléontologique, qui a autant de poids que les raisons stratigraphiques.

Mes vues sont fondées principalement sur ce fait que, dans tous les pays, il y a des étages locaux différents, et que, en comparant deux contrées paléozoïques quelconques, géographiquement espacées, on ne peut guère trouver, en général, la correspondance exacte d'un étage avec un autre étage. Il y a longtemps que j'ai exposé ce fait. Dans une publication qui remonte à 1846, en comparant l'Angleterre avec la Bohême, et plus tard, en 1856, en comparant la Bohême avec la Suède, j'ai démontré que le parallélisme par étage est complètement impossible entre ces contrées. Cependant, Messieurs, il y a une grande correspondance paléontologique entre tous ces pays. Elle est fondée sur la distinction, dans le terrain silurien, de trois grandes faunes que je nomme provisoirement, si vous le voulez, primordiale, seconde et troisième.

Je pense qu'il faut faire, dans l'univers connu, la part de ces trois faunes, qui sont très caractérisées chacune dans son ensemble. Il faut leur tracer des limites de convention, parce qu'elles ont entre elles des passages dans certaines contrées, mais non dans toutes. Il faut donc se décider à établir des limites, arbitraires jusqu'à un certain point, entre les grandes faunes siluriennes que je viens de nommer. Je remarque avec regret qu'il existe, à leur sujet, une certaine confusion dans la nomenclature américaine tracée sur le tableau qui est sous nos yeux. Cette confusion consiste en ce que l'étage de Potsdam, qui est parfaitement défini et qui contient les deux grandes subdivisions de la faune primordiale, est associé ici avec les dépôts du groupe calcifère et avec le groupe de Québec, qui ne renferment nullement cette faune.

Pour me faire mieux comprendre, je crois devoir définir succinctement chacune des trois grandes faunes en question.

La faune primordiale est exclusivement distinguée par deux principaux caractères, qu'il ne faut pas confondre. D'abord, elle renferme une famille spéciale de trilobites, tellement prédominante que, dans les phases à *Paradoxides*, elle fournit, à elle seule, presque les trois quarts de toutes les espèces coexistantes. En second lieu, ces trilobites primordiaux sont caractérisés par leur conformation. Sans entrer dans des détails, ce sont surtout les trois parties principales du corps qui sont contrastantes dans leurs proportions. La tête est petite, le thorax est grand, la queue ou pygidium est exiguë. Je dis que le pygidium est exigu, mais je dois faire connaître en quoi consiste cette exiguïté. Elle ne concerne pas, en effet, l'étendue de cette partie du corps, mais bien le petit nombre des segments qui la composent. Par exemple, notre maître, M. le professeur James Hall, a décrit des trilobites de la faune primordiale, c'est-à-dire du groupe de Potsdam, qu'on trouve dans le nord-ouest de l'Amérique, vers les sources du Missouri. Parmi les formes nouvelles et nombreuses qu'il a figurées, il y a une belle espèce qu'il appelle *Dikelocephalus minnesotensis*. Or, ce trilobite a un pygidium pour ainsi dire démesuré par son étendue; mais, si vous comptez les segments qui le composent, vous n'en trouverez que quatre ou cinq, d'après la figure de M. Hall.

Ainsi ce trilobite, qui semble d'abord tout à fait opposé à la distinction que j'ai établie, vient au contraire la confirmer; car, je le répète, il ne s'agit pas de la surface du pygidium, mais bien du nombre de ses segments. Voilà donc les deux principaux caractères de la faune primordiale. Le premier, c'est d'être presque totalement composée de trilobites. Le second consiste en ce que ces trilobites présentent une conformation particulière, par les proportions relatives de la tête, du thorax et du pygidium. Le thorax est le plus développé, puisqu'il renferme parfois jusqu'à vingt segments, chez les adultes des *Paradoxides*, qui sont le type le plus caractéristique de cette faune, dans ses premières phases.

Quand on voit, par conséquent, une faune presque entièrement composée de trilobites, dans lesquels on retrouve la conformation particulière que je viens d'indiquer, on est autorisé à dire que c'est une faune parfaitement caractérisée. Je n'en connais pas, dans toute la série verticale des terrains, qui le soit aussi bien!

Je m'adresse à notre maître, M. le Président Hébert, pour savoir s'il en connaît?

Je regrette donc qu'on ait méconnu partiellement, en Amérique, ces caractères de la faune primordiale. On a eu probablement des motifs que je n'apprécie pas en ce moment, et qui peuvent être, soit des motifs stratigraphiques, soit des motifs de convenances locales. On a associé à la faune primordiale des formations qui, à mon sens, sont très disparates, sous le rapport de leurs faunes. Je citerai seulement le groupe calcifère et le groupe de Québec.

Maintenant, Messieurs, après la faune primordiale, je distingue la faune seconde. Elle est aussi parfaitement caractérisée, mais par d'autres circonstances.

La faune seconde commence d'abord par montrer des trilobites d'une conformation qui contraste avec celle des trilobites primordiaux; dans les uns, comme dans *Asaphus*, la tête, le thorax et la queue ou pygidium sont à peu près en équilibre, c'est-à-dire presque égaux. Dans d'autres, comme *Illænus*, le thorax est réduit, la tête et le pygidium sont développés. Ces exemples suffisent pour montrer que les trilobites de la faune seconde diffèrent par leurs caractères des trilobites de la faune primordiale. J'ajouterai que la faune seconde est aussi caractérisée par des fossiles qui n'ont jamais été rencontrés dans la faune antérieure. Ce sont principalement les *Céphalopodes* et les *Acéphalés*. Ces deux ordres de la classe des mollusques apparaissent pour la première fois, au commencement de la faune seconde, dans toutes les contrées.

Je passe sous silence d'autres caractères de la faune seconde, parce que le temps ne me permet pas d'insister. Nous ne sommes pas d'ailleurs ici à un cours de paléontologie, et j'arrive à la faune troisième.

La faune troisième est aussi caractérisée d'une manière toute particulière, que tout le monde connaît. Ses trilobites ne peuvent être confondus, ni avec ceux de la faune primordiale, ni avec ceux de la faune seconde. Elle offre d'ailleurs un caractère distinctif dans le développement numérique extraordinaire de tous les genres de *Céphalopodes* et de tous les autres ordres de mollusques, comme les *Acéphalés*, les *Brachiopodes*, etc. C'est surtout en Bohême que le plus grand nombre de ces fossiles a été signalé.

Maintenant, Messieurs, puisque nous avons trois grandes faunes ou faunes générales siluriennes, qui peuvent être très aisément distinguées, il me semble que nous avons à notre disposition le moyen d'établir l'harmonie entre tous les pays, en répartissant leurs étages locaux quelconques, suivant ces trois groupes. Cette concordance serait très possible suivant moi, en y mettant la modération convenable. Dans ce cas, la modération consisterait à admettre un certain arbitraire, pour établir la limite de ces grandes faunes, parce qu'il y a, dans certaines contrées, des passages naturels entre elles. J'admets donc cet arbitraire de convention pour assigner une place aux formations de transition.

Je citerai, par exemple, le groupe bien connu de Trémadoc, en Angleterre. Nous trouvons dans ce groupe de Trémadoc, qui est au-dessus de la véritable faune primordiale, quelques rares représentants de cette faune, qui con-

stituent une transition; tels sont les genres : *Conocephalithes* et *Olenus*. Avec eux apparaissent les trilobites les plus caractérisés de la faune seconde, tels que *Niobé* et *Psilocephalus* ou *Illænus*, qui ont la conformation que je viens d'indiquer. Outre ces genres de trilobites, caractéristiques de la faune seconde, le Trémadoc inférieur nous montre aussi des *Acéphalés* et des *Céphalopodes*, apparaissant là pour la première fois, à notre connaissance, dans la série géologique.

Ainsi, quoique le groupe de Trémadoc contienne quelques représentants de la faune primordiale, il doit être considéré, selon nous, à partir de sa base, comme appartenant à la faune seconde. Malheureusement, quelques géologues anglais l'ont associé avec une partie de la véritable faune primordiale, dans la subdivision qu'ils nomment cambrien supérieur.

Maintenant, tous ceux qui ont lu la *Siluria* de Murchison savent qu'au-dessus de ces faunes, considérées dans leur ensemble, il y a un groupe divisé en deux parties, qu'on appelle Llandovery inférieur et Llandovery supérieur. Ce groupe ayant été bien étudié, on a reconnu que, dans sa partie inférieure, il contient principalement des espèces de la faune seconde, tandis que, dans sa partie supérieure, il renferme des espèces de la faune troisième, en majorité.

Avant moi, divers géologues ont déjà dit qu'on pouvait admettre, comme limite entre les faunes seconde et troisième, l'horizon qui sépare les deux subdivisions du groupe de Llandovery. Cette ligne de séparation me semble très convenable.

Nous voilà donc, un peu arbitrairement, mais d'une manière rationnelle, fixés sur l'existence de trois grandes faunes siluriennes et sur les limites qui les séparent, même dans les cas où il existe entre elles une transition. Ces trois faunes occupent trois grandes divisions stratigraphiques. La division supérieure a été appelée, dès l'origine, «silurien supérieur»; la seconde division en descendant a été nommée «silurien inférieur», et Murchison a donné plus tard le nom de «silurien primordial» à la partie la plus inférieure qui comprend la faune primordiale. Depuis que Murchison a adopté ce nom de «silurien primordial», les recherches des paléontologues anglais ont produit de nouvelles découvertes. Elles ont montré qu'au-dessous de la partie antérieurement explorée du terrain cambrien, dans le pays de Galles, il y avait d'autres couches, avec des trilobites qui présentent les caractères primordiaux, définis ci-dessus.

Mon principe de classification étant fondé sur les grandes faunes et non sur les étages locaux, je crois devoir faire descendre les limites de la faune primordiale de manière à comprendre l'horizon le plus inférieur sur lequel se trouvent ces nouveaux trilobites.

Il y a diverses contrées en Amérique qui nous présentent les faunes primordiale, seconde et troisième, dans le même ordre qu'en Europe. Mais, dans la plupart de ces contrées, ces faunes sont nettement séparées, et nous n'avons pas besoin d'établir entre elles des limites de convention pour classer les groupes de transition, comme en Angleterre. De même, en Suède et en Bohême, les grandes faunes sont parfaitement distinctes: la faune primordiale n'a rien de commun avec la faune seconde, ni celle-ci avec la faune troi-

sième. Je trouve cependant, entre ces deux dernières faunes, un lien très remarquable, qui est, jusqu'à ce jour, exclusivement propre à la Bohême. Je veux parler des colonies, qui ont été combattues pendant longtemps et qui ont enfin été admises par les géologues de tous les pays, notamment par les géologues autrichiens.

En quoi consistent les colonies? Ce sont les représentants de la faune troisième, qui vivaient quelque part, et qui se sont introduits par immigration, en Bohême, pendant l'existence de la faune seconde. Je puis donc dire qu'il y a eu une sorte de passage entre cette faune et la troisième, c'est-à-dire qu'elles se sont mêlées à une certaine hauteur. Elles ont donc été partiellement contemporaines. Mais nous ne connaissons pas le pays d'où est venue la troisième faune. Malgré cette ignorance, les colonies nous prouvent qu'elle existait quelque part avant que la seconde ait complètement disparu du bassin de la Bohême.

Maintenant, pour terminer et arriver à un résultat pratique, je viens vous proposer d'adopter la résolution que je mets en pratique depuis longtemps. C'est de laisser de côté toutes ces discussions de nomenclature qui ne servent à rien, et de prendre le fait tel qu'il est, en conservant la nomenclature usitée jusqu'à ce jour. Cette nomenclature a été établie, non seulement par notre maître Murchison, mais encore par la Société géologique de Londres avec l'assentiment de presque tous les géologues d'Europe, qui s'occupaient spécialement des terrains les plus anciens, à cette époque.

J'admets les reproches d'erreurs locales adressés à Murchison, mais sans adopter les conséquences qu'on voudrait en tirer; car l'existence et l'indépendance réciproque des trois grandes faunes siluriennes, que je viens de définir, ne sont nullement infirmées par ces erreurs. Ma proposition est conservatrice, et elle consiste à dire : nous avons, depuis plus de trente ans, une nomenclature qui embrasse les trois faunes paléozoïques les plus anciennes; telle qu'elle est, elle suffit à tous les usages; elle est adoptée dans tous les pays, et je ne vois pas pourquoi aujourd'hui nous voudrions la changer pour en adopter une autre, qui ne pourrait pas être admise sans beaucoup de discussion et de résistance. Je crois qu'il est mieux de ne pas entrer dans cette discussion, et de continuer à donner aux grandes divisions du terrain *silurien* les noms de «silurien primordial, silurien inférieur, silurien supérieur». Ces noms sont employés dans la dernière édition de la *Siluria*, livre classique, qui est entre les mains de tous les géologues, sur les deux continents. Ils nous exemptent d'adopter une nouvelle nomenclature, qui n'est pas sans reproche.

Je n'en dirai pas davantage, parce que je ne veux pas entrer dans les petites questions personnelles. Je pense parler dans le sens le plus favorable aux progrès tranquilles de la science. La nomenclature en usage n'entrave pas ces progrès, car elle permet de classer immédiatement et sûrement les nouveaux groupes de fossiles, mis au jour par les découvertes. Ainsi, durant ces dernières années, des savants allemands ont exploré une partie de la République Argentine, où aucun géologue n'avait encore pénétré. Ils y ont trouvé un gisement très bien caractérisé de représentants de la faune primordiale. M. le

Dr E. Kayser, de Berlin, a très bien reconnu et fait ressortir les affinités de ces trilobites avec ceux du groupe de Potsdam.

Ainsi nous connaissons aujourd'hui, dans le sud de l'Amérique, un groupe de trilobites primordiaux comparable à celui qui a été découvert dans le nord du même continent, d'abord par Dale Owen et ensuite par M. le professeur James Hall et par Billings. Puisque tous les faits nouveaux viennent si aisément s'encadrer dans ces trois divisions, dites : faune primordiale, faune seconde et faune troisième, pourquoi vouloir bouleverser cette nomenclature? Elle suffit, elle est convenable, et je propose de la maintenir. (Applaudissements.)

M. le Président. Messieurs, je suis votre interprète, j'en suis sûr, en remerciant M. Barrande d'avoir apporté, dans notre discussion, l'autorité de son témoignage et les lumières de son expérience. Je donne maintenant la parole à M. Hébert.

OBSERVATIONS RELATIVES À LA CLASSIFICATION

DES TERRAINS CAMBRIEN ET SILURIEN.

M. Hébert. Dans la remarquable exposition que vient de nous faire M. Barrande, l'illustre savant m'a appelé son maître : je ne puis accepter cet honneur; car c'est moi, au contraire, qui suis redevable à M. Barrande, plus qu'à tout autre, de cette foi profonde que je professe pour la paléontologie. J'ai toujours été fortement impressionné de l'assurance avec laquelle M. Barrande reconnaissait aux moindres indices l'existence de la faune primordiale, soit en Angleterre, soit en Amérique, et de la précision des indications par lesquelles il a contribué à la découverte de cette faune dans les pays les plus lointains.

J'ai d'ailleurs eu souvent l'occasion de constater, dans des terrains plus récents, la persistance générale des faunes et leur importance capitale au point de vue de la classification géologique.

Nous n'avons pas, dans toute la série des terrains, un groupe mieux étudié, sous le rapport paléontologique, que ne l'a été le grand groupe silurien par M. Barrande. Vous venez d'entendre le résumé des caractères distinctifs des trois grandes faunes qui, sur tous les points du globe, se sont immédiatement succédé; et, en même temps, M. Barrande nous a rappelé quels liens intimes existent entre ces faunes. Les systèmes de couches qu'elles caractérisent font donc partie d'un même ensemble, d'une grande unité, ce que, dans une classification rationnelle, on doit désigner sous le nom de *terrain*.

Sans doute, l'idée de partager l'écorce terrestre en groupes distincts, séparés les uns des autres, peut sembler une idée fausse. Il est parfaitement logique d'admettre que la sédimentation n'a jamais cessé au sein des mers, et qu'il doit y avoir quelque part continuité d'un groupe à l'autre.

Mais l'immense majorité des observations exécutées jusqu'à ce jour sur les diverses parties du globe prouve que, si cette continuité existe quelque part, c'est dans des régions cachées à nos regards, dans les grandes dépressions occupées par les mers, et qu'heureusement pour nos études les continents

manifestent partout des lignes de démarcation qui viennent se placer sensiblement au même niveau. De là la possibilité d'établir nos groupes naturels; et c'est aux groupes de premier ordre que nous donnons le nom de *terrain*.

Obligé, par les devoirs de l'enseignement, d'attacher à la nomenclature une grande importance, de peser les caractères, les affinités et les dissemblances, je cherche à suivre, dans la constitution de chaque terrain, des règles aussi semblables que possible; je me suis donc scrupuleusement interrogé pour savoir s'il était permis de partager, en deux terrains ayant chacun un nom spécial, le grand ensemble, dont la faune, d'après M. Barrande, est, depuis la base la plus profonde, depuis les grès pourprés du cambrien inférieur jusqu'aux tilestones, entièrement silurienne.

On s'accorde à reconnaître la nécessité d'un nom particulier pour le groupe dévonien, pour le groupe carbonifère, etc.; on y est autorisé non seulement par une différence suffisante entre les faunes, mais aussi par des différences assez considérables dans la répartition géographique des couches; ce qui constitue une véritable discordance de stratification. Mais peut-on, par des raisons de même valeur, admettre un terrain cambrien taillé dans la partie inférieure du grand ensemble silurien?

En conscience, en voyant combien il est difficile aux partisans de ce partage de s'accorder sur la limite supérieure de ce cambrien, j'ai dû, à regret, renoncer à appliquer ce nom à un système de couches, dont la faune, dit le meilleur juge en cette matière, est essentiellement silurienne.

Ici, il ne saurait y avoir de question personnelle; quels que soient les mérites des travaux de Sedgwick, quelque erreur qu'on puisse reprocher à Murchison, ces questions ne sont point à discuter. Le nom de *silurien* a-t-il été créé pour un système de couches bien caractérisées par une faune spéciale? Cela n'est pas contestable; et si, plus tard, on a reconnu qu'une faune de même nature se trouvait dans les couches qui viennent au-dessous, dont Sedgwick avait fait son cambrien, mais dont la faune lui avait échappé, le grand principe paléontologique nous oblige à sacrifier le cambrien et à enrichir le silurien à ses dépens, sans nous préoccuper du tort personnel ou de l'avantage immérité que nous pouvons causer à l'un ou à l'autre de ces savants.

J'aurais voulu restituer un autre domaine à Sedgwick, en échange de celui que la logique nous oblige à annexer à celui de Murchison.

Il y a en Angleterre des systèmes de couches dites *précambriennes*; il y en a dans l'Amérique du Nord, il y en a même en France.

Il est difficile de ne pas admettre le synchronisme des conglomérats pourprés du pays de Galles, qui renferment la faune primordiale, et de ceux qui ont été décrits, en Bretagne, par Dalimier et d'autres observateurs. Il est vrai que, jusqu'ici, on n'a point trouvé de fossiles dans ces derniers; mais les caractères minéralogiques sont tellement semblables, et les deux pays où ces assises se montrent sont si voisins, il est si bien démontré qu'ils ont fait partie d'une même terre, que le doute est presque impossible.

Or, en Bretagne, il existe, comme l'a démontré Dalimier, de puissantes assises de schistes maclifères inférieurs aux conglomérats et grès pourprés, complètement indépendants des gneiss et des micaschistes traversés par le

granite, et qui constituent la partie la plus ancienne de cette région, comme de beaucoup d'autres.

A ces schistes maclifères de Vire, de Mortain, de Flamanville, etc., il faudrait, d'après Dalimier, associer les schistes satinés et les phyllades de Saint-Lô, et aussi, je pense, la puissante série de schistes semi-cristallins, avec dolomies intercalées, que l'on voit près de Sillé, dans le Maine. On ne peut pas assigner à cet ensemble moins de 8,000 mètres d'épaisseur. Ces schistes sont quelquefois recouverts, en complète discordance de stratification, par les conglomérats pourprés.

J'avais pensé qu'on aurait pu donner à ce puissant système de couches, qui représente une période bien distincte, entre celle des micaschistes et des gneiss anciens et la période silurienne, y compris la faune primordiale, le nom de *terrain cambrien*, et j'applique ainsi ce nom depuis vingt ans dans mon enseignement. J'y trouve l'avantage d'honorer la mémoire du grand géologue de Cambridge, et d'éviter le grave inconvénient de porter atteinte aux principes fondamentaux de la géologie.

Ce système, défini en France comme je viens de le dire, correspondrait certainement à ce que les géologues anglais nomment *précambrien;* peut-être embrasserait-il aussi tout ou partie des systèmes huronien et laurentien, dans lesquels je ne trouve pas les caractères de nos schistes cristallins anciens d'Europe, qui ne renferment jamais ni calcaires ni conglomérats.

Il me semble donc qu'il y a lieu de distinguer, à partir des roches sédimentaires les plus anciennes :

1° Le système des schistes cristallins, sans conglomérats ni calcaires, si développé dans le plateau central de la France, qui comprendrait le *gneiss fondamental* de Murchison, et qui constitue, je crois, une grande partie de la Suède, la Finlande et les parties centrales de beaucoup de montagnes, comme les collines taconiques, l'Himalaya, etc.;

2° Le système des schistes semi-cristallins avec conglomérats et calcaires (laurentien et huronien du Canada, précambrien du pays de Galles, cambrien de certains auteurs français);

3° Le système silurien avec ses trois faunes : la faune primordiale correspondant au silurien inférieur, la faune seconde, au silurien moyen, la faune troisième, au silurien supérieur.

Telle est la classification qui me semble la plus rationnelle et la plus légitime.

Les deux premiers systèmes sont azoïques; du moins, il n'est pas encore démontré qu'il s'y trouve aucun corps organisé. Rien n'empêche de les dédier à des illustrations géologiques.

Si j'ai adopté, pour mon usage personnel, le nom de *cambrien* pour le second, je n'ai point la prétention d'imposer ma manière de voir. Je voudrais que les maîtres de la science des terrains primaires s'accordassent sur ces points importants, et c'est dans cet espoir que je me suis permis d'exprimer mes opinions, tout en laissant, à de plus autorisés, l'honneur de donner des noms définitifs aux groupes dont la nomenclature est si différente dans les différents pays. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Charles Mayer.

M. Mayer (Suisse). Messieurs, après les paroles si autorisées d'un de nos maîtres en fait de terrains siluriens, il est presque téméraire, de ma part, de vouloir ajouter un mot à cet égard. Cependant, comme ce sujet présente, à nos yeux, la plus grande importance, je vous demanderai la permission de dire encore quelques mots sur la même question.

Je commence, Messieurs, par les terrains sédimentaires les plus anciens; or, je considère comme tels les roches cristallines stratifiées, auxquelles, dès 1856, feu M. Logan a donné le nom de *formation laurentienne*. Je vois que, dans l'Amérique du Nord, on continue à diviser ces terrains en formation laurentienne, proprement dite, et formation huronienne, la même, je crois, que la formation labradorienne de Logan. Or, c'est avant tout pour protester contre cette division que je prends ici la parole.

On me dit que, sur les bords de l'Hudson, il y a eu une révolution du globe entre ces deux formations, révolution affirmée par un changement complet de stratification et de superposition. En raison de ce fait, il faut donc établir une ligne de démarcation générale.

Mais, Messieurs, sachant, moi aussi, un peu d'anglais et l'allemand, j'ai lu les ouvrages de Murchison, de Sedgwick, de Credner, de Gümbel et de Müller; et, à mon grand étonnement, j'ai trouvé qu'aucun de ces auteurs ne parle de cette différence de stratification entre les micaschistes et les couches inférieures, les gneiss gris et les gneiss rouges, qui forment la base de l'écorce terrestre stratifiée. Dans les Alpes, pas plus qu'en Bohême ou en Saxe, personne ne songe à introduire une grande ligne de démarcation entre deux de ces dépôts successifs; au contraire, tout le monde me dit que les couches passent peu à peu du gneiss rouge, qui perd tel ou tel élément, au gneiss gris, et de celui-ci, par l'augmentation progressive du mica, aux micaschistes normaux, et qu'enfin même, il y a passage graduel de ces micaschistes aux phyllades sans fossiles, puis aux phyllades cambriennes inférieures.

De ces faits, qui paraissent être la règle, je conclus qu'il est parfaitement inutile de distinguer deux formations présiluriennes, en se fondant sur une ligne de dislocation bien plus locale que maintes de celles qui séparent certains étages tertiaires, par exemple. Je considère donc les premiers terrains sédimentaires comme un grand tout, auquel je conserve le nom de *formation laurentienne;* et, comme M. Gümbel, je n'y distingue que trois étages : l'étage *bojien* (Gümbel) ou des gneiss rouges, l'étage *hercynien* (Mayer) ou des gneiss gris, et l'étage *labradorien* (Logan) ou des micaschistes, etc.

J'aborde l'autre question, celle de l'unité de la seconde série sédimentaire et du nom qu'elle doit porter. Si la fin d'une période géologique et le commencement d'une autre doivent être fondés sur quelque phénomène général, l'avènement de la seconde formation, lui, est indiqué par le phénomène du refroidissement des eaux, au point de ne plus déposer que des boues devenues des phyllades, à la place de sédiments cristallins. Mais, à partir de ce moment (pour parler ainsi) et jusqu'au commencement de la période dévonienne, rien de général n'est plus venu troubler le dépôt des sédiments. Dès lors (je ne

puis que répéter ce que MM. Barrande et Hébert viennent de nous dire), impossibilité d'établir soit d'après les faunes, soit d'après la stratification, deux formations distinctes dans l'ensemble des terrains siluriens. Or donc, tout en regrettant que le nom de *système cambrien*, appliqué par Sedgwick à la partie inférieure du système silurien, avant que ce dernier terme fût proposé, ait été supplanté par l'autre (sort qu'ont, du reste, partagé, depuis, plusieurs noms d'étages jurassiques et tertiaires mal définis), je pense, moi aussi, que nous ne pouvons faire autre chose que de garder les noms bien établis et admis par tous. (Applaudissements.)

M. le Président. La discussion paraît close, Messieurs, mais avant de passer à une autre communication, je donnerai la parole à M. A. Favre pour quelques observations relatives aux Commissions internationales, dont la constitution a été proposée dans une précédente séance.

M. Favre (Suisse). Je vous demande, Messieurs, la permission de revenir, pour un moment, en arrière, et de dire quelques mots en faveur de la Commission de l'unification des termes et des couleurs en géologie. Je l'appelle de tous mes vœux, et je désire qu'elle soit nommée le plus tôt possible. J'ai appris, il y a quelques instants, que telle était aussi l'intention du Bureau : je serai donc très bref.

Je voudrais que la Commission fût nommée promptement afin qu'elle se mît à l'œuvre sans tarder. Une Commission comme celle-là, qui aura ses membres pris dans les cinq parties du monde, ne peut se réunir facilement : il faut qu'elle se divise en sous-commissions; une pour rédiger les termes généraux, une pour les signes et les couleurs, une troisième peut-être pour la synonymie des terrains. Nous avons déjà beaucoup de synonymies très remarquables, parmi lesquelles je citerai les grands tableaux qui figurent à l'Exposition et qui ont été rédigés par mon compatriote M. Renevier. Il faut que ces sous-commissions travaillent chacune séparément, afin qu'à une prochaine session du Congrès, elles aient un projet arrêté à nous soumettre. Tous les membres de la grande Commission ne peuvent pas s'assembler à chaque instant, tandis que si on constitue les sous-commissions avec des géologues qui habitent des pays voisins, ils pourront se réunir souvent.

J'aurais encore à faire quelques recommandations, qui trouveraient peut-être mieux leur place devant les Commissions; mais je n'aurai pas l'honneur d'assister à leurs réunions, et vous me permettrez d'indiquer ici les mesures que je crois utile d'adopter. Je souhaite que nous cherchions à découvrir l'origine des éléments qui constituent la terre, pour en faire ensuite l'histoire, mais je désirerais qu'on évitât d'employer des termes qui préjugent cette origine. C'est, pour me servir d'une expression vulgaire, mettre la charrue devant les bœufs, que de ranger parmi les formations ignées, par exemple, les roches qu'on n'a pas vu couler actuellement à la surface du globe. Nous sommes à la veille d'une grande révolution dans l'étude des roches, qui sera produite par les études microscopiques, et il est impossible de dire, à présent, pour les roches que nous ne voyons pas couler, lesquelles sont ignées et lesquelles ne le sont pas. De même, si la Commission adoptait pour une division le nom

de métamorphique, cela ne voudrait rien dire : toutes les roches sont métamorphiques. Il n'y a pas une roche desséchée à la surface du globe, qui soit exactement dans l'état où elle était quand elle s'est déposée à la surface. Connaissons-nous l'origine du métamorphisme? Est-ce une très grande chaleur ignée, sans eau, ou une grande chaleur avec de l'eau? est-ce simplement la pluie qui fait le métamorphisme? Nous l'ignorons. Par conséquent, il faut exclure tous ces noms théoriques. Cela n'empêche pas, alors même que la Commission en aura rejeté l'emploi, que chaque géologue, quand il décrira les roches auxquelles je viens de faire allusion, puisse exprimer son opinion sur leur origine.

Je crois que cette Commission rencontrera les plus grandes difficultés; mais vous savez que les Congrès sont faits pour arranger les plus grandes difficultés, et nous avons eu dernièrement l'exemple d'un Congrès qui ne s'occupait guère de géologie, mais qui, suivant beaucoup de personnes, a mené à bien l'œuvre difficile qu'il avait à accomplir. (Applaudissements.)

M. le Président. L'ordre du jour, auquel nous revenons maintenant, appelle la communication de M. de Moeller.

SUR LA COMPOSITION ET LES DIVISIONS GÉNÉRALES DU SYSTÈME CARBONIFÈRE.

M. de Moeller (Russie). Parmi les formations sédimentaires, le système carbonifère, au point de vue économique et industriel, est sans doute le plus important. Les approvisionnements immenses du combustible minéral qu'il renferme présentent une source abondante de richesse pour beaucoup de nations, en contribuant en même temps au bien-être de l'humanité tout entière. Il est donc naturel que, dans ces conditions, ce système excite le plus vif intérêt, non seulement parmi les industriels, mais aussi parmi les savants. Nous devons déjà à ces derniers un assez grand nombre d'études spéciales sur le système carbonifère, mais, malheureusement, nous ne pouvons pas dire que les déductions générales, tirées de ces études, soient parfaitement justes. Une surtout, élevée jusqu'à la hauteur d'un dogme, nous semble être bien étrange, et c'est justement sur cette déduction que je voudrais attirer l'attention d'une assemblée aussi compétente que le Congrès d'aujourd'hui. Il s'agit de *la composition et des divisions générales du système carbonifère;* c'est là une question indubitablement internationale, et je me permets d'espérer que mes honorables collègues accepteront avec bienveillance, sur ce sujet, un travail qui, sans prétendre à une solution complète, servira peut-être à apporter quelque éclaircissement à la question posée.

Chacun de nous connaît sans doute les noms des vénérables géologues auxquels la science doit les premiers essais sur la classification des différents dépôts de l'âge carbonifère. Il n'est donc pas nécessaire de les citer ici; mais pourtant nous n'avons pas le droit de passer sous silence un de ces noms, nom d'un savant, qui a contribué le plus à l'introduction dans la science

d'idées spéciales sur la question qui nous occupe. C'est Roderick Impey Murchison, qui, s'appuyant sur les résultats de ses propres recherches géologiques dans la partie sud-ouest de l'Angleterre, distingua, dans la grande série des couches du système cabonifère, trois étages successifs : le *mountain limestone*, le *millstone grit* et le *coal measures*. Une subdivision pareille, plus ou moins juste, non seulement pour le système carbonifère d'Angleterre, mais aussi de quelques pays du continent de l'Europe (Belgique, Allemagne septentrionale, etc.), est encore plus sujette à la critique, si nous prenons en considération la plus grande partie d'autres pays, où les dépôts du même âge géologique possèdent une extension horizontale plus ou moins considérable. Ces pays, considérés dans leur ensemble, donnent un espace carbonifère qui surpasse à un tel point celui des pays que nous venons de citer, que s'il était déjà nécessaire de subdiviser le système carbonifère en certains étages, il serait mieux de prendre pour base les faits empruntés aux pays de la seconde catégorie. Nous dirons même plus : il aurait mieux valu attendre qu'une exploration du système carbonifère d'un plus grand nombre d'autres pays ait été faite; et, parce que la subdivision du terrain carbonifère avait eu lieu d'abord en Angleterre, on ne devait aucunement lui attribuer un caractère universel. Dans tous les cas, ce fut une grande erreur de Murchison, et ce qui nous étonne le plus, c'est que presque tout le monde se hâta d'adopter la subdivision proposée par l'éminent géologue anglais; cette erreur ne tarda pas à s'enraciner si fortement dans la science, que, jusqu'à présent, la triple constitution du système carbonifère est sans cesse proclamée du haut des chaires géologiques.

Les nombreux manuels de géologie, en différentes langues, et même ceux qui appartiennent à des maîtres reconnus dans la science, nous prouvent la vérité de ce que nous venons de dire. La seule différence qu'ils nous offrent consiste en ce que, dans les uns, le système carbonifère est subdivisé, suivant les idées de Murchison, en trois étages, tandis que, dans les autres, surtout dans les manuels américains, on ne distingue que deux étages : l'*inférieur* (*subcarboniferous group*) correspondant au calcaire de montagne, et le *supérieur* (*carboniferous group*) contemporain à la fois du *millstone grit* et du *coal measures*. Mais nous devons nous rappeler qu'une pareille subdivision du système carbonifère rencontra, dès l'origine, quelques objections provenant, il est vrai, d'un très petit nombre de géologues, à la tête desquels doit être nommé Alcide d'Orbigny, qui, dans son *Cours élémentaire de paléontologie et géologie stratigraphiques* (t. II, p. 342), s'exprime sur ce sujet de la manière suivante :

On a cherché à diviser l'étage carbonifèrien en deux âges distincts superposés, les *calcaires carbonifères* inférieurs et les *terrains houillers* supérieurs; mais, lorsqu'on voit les mêmes fossiles traverser indistinctement, dans toute leur épaisseur, ces deux divisions, qui, du reste, ne sont distinctes nulle part, ne sont superposées que sur peu de points, et qui, toutes les deux, renferment de la houille, on arrive à trouver que l'ensemble ne peut être divisé en deux étages, comme nous le comprenons, et qu'il ne forme réellement qu'une seule et même époque géologique, dans laquelle aucune ligne de démarcation n'existe : nous entendons de ces lignes de démarcation générales, uni-

formes sur le globe. Nous réunissons donc l'ensemble en *un seul tout, un seul étage*, que nous allons chercher à décrire relativement à deux questions importantes: la position de la houille, considérée comme dépôt, comme débris terrestre, par rapport aux couches remplies de coquilles, considérées comme dépôts marins.

Cette remarque bien juste d'Alcide d'Orbigny n'attira malheureusement pas l'attention, et on continua à considérer le système carbonifère (ou l'étage carboniférien de d'Orbigny) comme composé des deux ou trois étages déjà cités. Mais en acceptant, pour le système carbonifère tout entier, une composition pareille, on arrive à cette déduction extrêmement originale qu'à l'époque où se formait le *coal measures*, dépôt essentiellement terrestre, la mer devait être complètement disparue de la surface du globe ou, au moins, réduite à un minimum impossible à admettre. L'erreur de cette déduction est si évidente qu'elle n'exige pas de discussion. Néanmoins, les questions suivantes vont se poser d'elles-mêmes : 1° Où sont donc les dépôts marins, contemporains du *coal measures* d'Angleterre, de Belgique et d'autres pays? 2° où doit-on chercher les sédiments terrestres contemporains du calcaire carbonifère? 3° et enfin, comment faut-il comprendre la composition générale du système carbonifère?

Pour répondre à ces questions, le meilleur moyen est d'examiner les faits que nous offrent les pays où le système carbonifère, en occupant de grandes surfaces, possède une puissance considérable et se trouve, en même temps, dans les relations les plus étroites avec les dépôts permiens qui le recouvrent et les dépôts sur lesquels il repose. Telle est, par exemple, la Russie d'Europe; et c'est au sujet des dépôts carbonifères de ce pays que nous nous permettons d'entrer ici dans quelques détails, ayant l'intention de les mettre ensuite en parallèle avec les sédiments du même âge dans d'autres contrées typiques.

Le système carbonifère occupe, dans la Russie d'Europe, un espace à peu près de deux millions de kilomètres carrés. Cependant il n'est pas visible sur tout cet espace; au contraire, sur sa plus grande partie, il est recouvert par des sédiments plus récents. Néanmoins il est certain qu'en Russie toutes les surfaces carbonifères ne nous représentent que les différentes parties d'un seul et même bassin marin. Les parties principales de ce vaste bassin doivent être considérées : 1° sur la limite occidentale, la large bande des sédiments carbonifères qui commence dans la partie méridionale du gouvernement de Nijni-Novgorod et les parties adjacentes des gouvernements de Penza et de Tamboff, et se prolonge ensuite sur les gouvernements de Wladimir, Riazan, Toula, Kalouga, Smolensk, Moscou, Tver, Novgorod, Olonetz et Arkhangel, jusqu'à l'embouchure de la rivière de Mézen; 2° sur la limite orientale, la bande étroite qui s'étend le long de la chaîne de l'Oural; 3° sur la limite méridionale, la surface plus petite, connue sous le nom de *bassin du Donetz*. Outre cela, dans les limites indiquées et resserrées au Nord par la mer Glaciale, les sédiments carbonifères deviennent encore visibles dans la chaîne du Timan, celle de Jigouli (dans la péninsule Samara) et sur quelques autres points isolés, comme, par exemple, sur la rivière Vyme, près de la saline Seregoffsk, sur la rivière Kama, non loin de Palazna, etc. Mais ce ne sont, comparativement,

que de petits territoires, dont nous ne ferons mention qu'en passant, tandis que notre attention sera concentrée principalement sur les trois surfaces citées plus haut.

La bande occidentale, connue, dans sa plus large partie méridionale, sous le nom de *bassin de Moscou*, et à laquelle, d'après les caractères lithologiques et paléontologiques, doivent être rapportés aussi les sédiments carbonifères de la péninsule de Samara, présente sur la plus grande partie de son étendue la constitution suivante, simple et uniforme :

1. Calcaires blancs ou jaunâtres, avec des couches subordonnées d'argile; remplis de débris organiques, surtout les calcaires qui doivent leur origine principalement à des coquilles de fusulines et d'autres foraminifères. La puissance entière de cet étage est inconnue; mais, d'après le sondage exécuté, il y a quelques années, à Batraki (péninsule de Samara), elle dépasse 500 mètres. Parmi les fossiles qui sont les plus communs, nous citerons :

A. Formes appartenant exclusivement ou principalement à cet étage :

Fusulina. . . . { *Bocki*, Möll. / *cylindrica*, Fisch. / *longissima*, Möll. / *montipara*, Ehrenb. / *prisca*, Ehrenb.
Hemifusilina Bocki, Möll.
Schwagerina princeps, Ehrenb.
Nummulina antiquior, Rouill. et Vos.
Bradyina nautiliformis, Möll.
Endothyra crassa, Brady.
Fusulinella. . { *Bocki*, Möll. / *sphæroidea*, Ehrenb. / *Bradyi*, Möll.
Lithostrotion Portlocki, Bronn.
Amplexus ibicinus, Fisch.
Fenestella veneris, Fisch.
Polypora. . . . { *bifurcata*, Fisch. / *dendroides*, Me Coy. / *irregularis*, Trautsch. / *martis*, Fisch.
Cromyocrinus simplex, Trautsch.
Forbesiocrinus incurvus, Trautsch.
Hydriocrinus pusillus, Trautsch.
Poteriocrinus bijugus, Trautsch.
Poteriocrinus { *multiplex*, Trautsch. / *originarius*, Trautsch.
Phillipsia Grünewaldti, Möll.
Productus Villiersi, d'Orb.
Chonetes variolata, d'Orb.
Orthotetes. . . { *crenistria var. senilis*, Phill. / *eximia*, Eichw.
Orthis Lamarcki, Fisch.
Camarophoria plicata, Kut.
Spirifer. . . . { *mosquensis*, Fisch. / *triangularis*, Mart. / *trigonalis*, Mart. / *striatus*, Mart.
Terebratula sacculus var. plica, Kut.
Conocardium Uralicum, Vern.
Capulus. . . . { *parasiticus*, Trautsch. / *mitræformis*, Trautsch. / *pumilus*, Trautsch.
Macrocheilus? ampullaceus, Trautsch.
Naticopsis ampliata, Phill.
Cyrtoceras deflexum, Trautsch.
Orthoceras. . { *polyphemus*, Fisch. / *decrescens*, Trautsch.
Nautilus excentricus, Eichw., etc.

B. Formes qui se trouvent aussi dans les couches plus inférieures :

Chætetes radians, Fisch.
Monticulipora? tumida, Phill.
Lonsdaleia floriformis, E. H.
Syringopora reticulata, Goldf.
Amplexus arietinus, Fisch.
Archæocidaris rossicus, v. Buch.
Phillipsia pustulata, Schlth.
Productus. . { *semireticulatus*, Mart. / *longispinus*, Sow. / *Cora*, d'Orb. / *scabriculus*, Mart. / *undatus*, Defr. / *punctatus*, Mart. / *fimbriatus*, Sow. / *pustulosus*, Phill.

Orthotetes crenistria, Phill.
Orthis . . . . . { *resupinata*, Phill. / *Lyelliana*, Kon.
Aulacorhynchus Pachti, Dittm.
Rhynchonella pleurodon, Phill.
Athyris ambigua, Sow.
Spirifer. . . . { *glaber*, Mart. / *lineatus*, Mart.
Allorisma regularis, King.
Bellerophon. . { *decussatus*, Ferr. / *Urii*, Fl.
Euomphalus . { *pentangulatus*, Sow. / *æqualis*, Sow. / *catillus*, Mart.
Loxonema rugifera, Phill.
Nautilus tuberculatus, Sow., etc.

Les couches de cet étage ont un développement plus grand dans la partie orientale de la bande en question, où elles sont recouvertes par les dépôts permiens. Miatchkovo est le point le plus connu où les calcaires à fusulines sont exploités.

2, *a*. Calcaires jaunes, grisâtres ou d'une couleur gris foncé, renfermant des couches intermédiaires d'argile et des rognons de silex. La puissance de cet ensemble reste de même indéterminée. Quant aux principales espèces qui y sont communes, en voici la liste :

Bradyina rotula, Eichw.
Cribrospira Panderi, Möll.
Endothyra. . { *globulus*, Eichw. / *Bowmani*, Phill. / *ornata var. tenuis*, Brady.
Textilaria eximia, Eichw.
Siderospongia sirenis, Trautsch.
Syringopora ramulosa, Goldf.
Lithostrotion { *irregulare*, Phill. [1]. / *junceum*, Flem. / *basaltiforme*, Conyb.
Disphyllum paracida, Mc Coy.
Menophyllum tenuimarginatum, E. H.
Cyathophyllum? multiplex, Keys.
Amplexus spinosus, Kon.
Zaphrentis ?. { *corniculum*, Keys. / *bullata*, Kon.
Phillipsia. . . { *pustulata*, Schlth. / *mucronata*, Mc Coy.
Productus. . { *giganteus*, Mart. / *latissimus*, Sow. / *striatus*, Fisch. / *tubarius*, Keys. / *costatus*, Sow.
Chonetes. . . . { *comoides*, Sow. / *papilionacea*, Phill.
Aviculopecten { *Noæ*, Eichw. / *Ryazanensis*, Barbt.
Avicula lunulata, Phill.
Pinna flabelliformis, Mart.
Arca exigua, Eichw.
Nucula . . . . { *exigua*, Eichw. / *cardiiformis*, Eichw.
Solemya primæva, Phill.
Chiton priscus, Münst.
Patella. . . . . { *depressa*, Eichw. / *exilis*, Eichw.
Murchisonia { *angulata*, Phill. / *striatula*, Kon.
Macrocheilus acutus, Sow.
Euomphalus { *tabulatus*, Phill. / *Dionysii*, Montf. / *pentangulatus*, Sow.
Pleurotomaria angulata, Phill.
Trochus Tulensis, Barbt.
Naticopsis carbonarius, Barbt.
Nautilus. . . { *Tulensis*, Barbt. / *clitellarius*, Sow., etc.

Ces couches sont en relation intime avec celles de l'étage précédent, et acquièrent un développement prédominant dans la partie occidentale et méridionale de la bande dont il s'agit.

2, *b*. Grès et sables quartzeux, avec des couches subordonnées d'argile schisteuse, du charbon et du calcaire à *Productus giganteus*. L'argile schisteuse

[1] Quoique M. Eichwald cite cette espèce dans le calcaire de Miatchkovo (*Leth. Ross.*, *anc. pér.*, p. 563), nous croyons qu'elle ne s'y rencontre pas.

renferme des débris de plantes terrestres, associés aux restes des animaux purement marins (comme, par exemple, à Malovka, gouvernement de Toula). Cet étage ne nous représente donc qu'un dépôt marino-littoral, dont l'épaisseur peut être estimée à 40 ou 50 mètres au plus. Les nombreux travaux miniers, exécutés dans ces derniers temps dans les gouvernements de Riazan, Toula et Kalouga, ont déjà définitivement montré qu'il repose sur l'étage de Malovka-Mouraïevna, que nous aurons encore occasion de mentionner, et qu'il est recouvert par les couches de la série précédente.

La bande orientale, ou de l'Oural, est aussi composée principalement de calcaires, renfermant à différents horizons des assises de grès quartzeux et d'argile schisteuse avec de la houille. En certains points s'y joignent encore des phthanites, arkoses et poudingues, généralement sans houille; mais ces roches ont souvent un développement si restreint que tout le système se compose presque exclusivement de sédiments calcareux (calcaires purs, grès et conglomérats calcarifères). Le système carbonifère nous offre un ensemble plus compliqué de couches dans la partie moyenne de la bande de l'Oural, entre les rivières Jaïva et Tchousovaïa, affluents gauches de la Kama, où, d'après les recherches faites par nous et en partie déjà publiées, on distingue les quatre étages suivants :

1, *a*. Calcaires blancs ou grisâtres, plus ou moins siliceux, avec des intercalations rares d'argile schisteuse; leur puissance peut être estimée de 700 à 800 mètres. Ils sont recouverts par les dépôts permiens, avec lesquels ils entrent souvent dans les relations les plus étroites, dans le sens non seulement minéralogique, mais aussi paléontologique (comme, par exemple, dans l'Oural méridional [1]); ils renferment une quantité de fossiles que nous indiquerons ici, en prenant en considération aussi les couches supérieures du calcaire carbonifère du Timan, qui sont d'un type analogue :

A. Espèces qui appartiennent exclusivement ou principalement à cet étage :

Fusulina Verneuili, Möll.
Schwagerina princeps, Ehrenb.
Bradyina nautiliformis, Möll.
Syringopora arborescens, Ludw.
Chætetes.... *crassus*, Lonsd. / *capillaris*, Phill.
Amplexus... *coralloides*, Sow. / *Lonsdalei*, Keys.
Fenestella... *bifida*, Eichw. / *elegantissima*, Eichw. / *foraminosa*, Eichw. / *orientalis*, Eichw. / *varicosa*, Mc Coy. / *surculosa*, Eichw.
Archimedipora Keyserlingiana, Stuckb.
Polypora... *biarmica*, Keys. / *concatenata*, Eichw. / *Goldfussii*, Eichw. / *macropora*, Eichw. / *nodosa*, Eichw. / *orbicribata*, Keys.
Pennireteporа *gracilis*, Mc Coy. / *approximata*, Eichw.
Coscinium.. *cyclops*, Keys. / *ctenops*, Keys.
Ceriocava. *arbuscula*, Eichw. / *crescens*, Ludw.

[1] A. Karpinsky, *Recherches géologiques dans la contrée d'Orenbourg* (en langue russe), voyez *Verhandl. der Kais. miner. Gesellsch. zu St Petersb.*, 2e sér., t. IX, 1874, p. 262-274.

Vincularia.. { (*Ceriopora*) *bigemmis*, Keys. / *lemniscata*, Ludw. / (*Myriolithes*) *monticola*, Eichw.

Tubulipora antiqua, Ludw.

Cyclopora discoidea, Prout.

Codonaster Ponsirewsky, Stuckb.

Phillipsia... { *Grünewaldti*, Möll. / *Römeri*, Möll.

Brachymetopus Uralicus, Vern.

Entomoconchus Sconleri, Mc Coy.

Productus.. { *semireticulatus var. Boli.* / *viensis*, d'Orb. / *genuinus*, Kut. / *porrectus*, Kut. / *Timanicus*, Stuck. / *Nystianus*, Kon. / *expansus*, Kon. / *Villiersi*, d'Orb. / *tuberculatus*, Möll. / *Schrenki*, Stuckb.

Chonetes.... { *variolaris*, Keys. / *variolata*, d'Orb. / *Uralica*, Möll.

Camarophoria { *plicata*, Kut. / *sella*, Kut.

Rhynchonella { *Wangenheimi*, Pand. / *reflexa*, Kon. / *trilatera*, Kon.

Retzia Buchiana? Kon.

Spiriferina.. { *Panderi*, Möll. / *Saranæ*, Vern.

Spirifer.... { *trigonalis*, Mart. / *triangularis*, Mart. / *integricosta*, Phill. / *lyra*, Kut.

Terebratula seminula, Phill.

Avicula.... { *laminosa*, Phill. / *lunulata*, Phill. / *tesselata*, Phill. / *subpapyracea*, Vern.

Aviculopecten { *deornatus*, Phill. / *Sibericus*, Vern. / *ellipticus*, Phill. / *exoticus*, Eichw. (*Pecten blawni*, *Gein.*) / *clathratus*, Mc Coy.

Modiola Mac-Adami var. lata. Portl.

Macrodon... { *semilarvis*, Keys. / *argutus*, Phill.

Cardinia Eichwaldiana, Vern.

Edmondia unioniformis, Phill.

Cardiomorpha sulcata, Kon.

Cypricardia.. { *glabrata*, Phill. / *bicarinata*, Keys.

Conocardium Uralicum, Vern.

Schizodus (*Axinus*) *obliquus*, Mc Coy.

Euomphalus { *Whitneyi*, Meek. / *Soiwæ*, Keys.

Naticopsis variata, Phill.

Loxonema acuminata, Goldf.

Goniatites... { *septenus*, Keys. / *cyclolobus*, Phill. / *striatus*, Sow.

Nautilus globatus, Kon.

B. Espèces qui se trouvent aussi dans les couches situées au-dessous :

Columnaria lævis, Goldf.

Monticulipora? tumida, Phill.

Amplexus... { *ibicinus*, Fisch. / *arietinus*, Fisch.

Fenestella... { *carinata*, Mc Coy. / *plebeia*, Mc Coy. / *Veneris*, Fisch. / *virgosa*, Eichw.

Polypora bifurcata, Fisch.

Archæocidaris rossicus, Buch.

Productus.. { *Cora*, d'Orb. / *longispinus*, Sow. / *scabriculus*, Mart. / *punctatus*, Mart.

Productus.. { *Humboldti*, d'Orb. / *spinulosus*, Sow. / *aculeatus*, Mart.

Orthotetes.. { *eximia*, Eichw. / *crenistria*, Phill.

Orthis resupinata, Phill.

Rhynchonella pleurodon, Phill.

Athyris expansa, Phill.

Spirifer striatus, Mart. (*Sp. attenuatus*, Sow., et *Sp. cameratus*, Mart.)

Spirifer.... { *glaber*, Mart. / *lineatus*, Mart.

Terebratula sacculus var. plica, Kut.

Euomphalus pentangulatus, Sow., etc.

1, *b*. Grès quartzeux, blancs ou jaunâtres, passant quelquefois aux conglomérats et contenant des couches, plus ou moins nombreuses et puissantes, d'argile schisteuse et de houille; en certains points nous trouvons parmi eux encore des phthanites, en assises d'une épaisseur plus ou moins considérable, renfermant des cavités produites par la disparition de fossiles, surtout de

polypiers et de crinoïdes. Le grès quartzeux et l'argile schisteuse sont bien souvent remplis des débris de plantes terrestres, mais pour la plupart dans un état de conservation qui laisse beaucoup à désirer; à ces débris sont associées des formes marines, propres en partie aux couches de l'étage précédent et en partie à celles de l'étage suivant. Voici ces formes : *Syringopora conferta*, Eichw.; *Cyathophyllum? multiplex*, Keys.; *Archæocidaris rossicus*, v. Buch; *Fenestella Veneris*, Fisch.; *Productus semireticulatus*, Mart.; *Productus longispinus*, Sow.; *Chonetes papilionacea*, Phill.; *Streptorhynchus crenistria*, Phill.; *Aviculopecten Knockoniensis*, Mc Coy; *Naticopsis plicistria*, Phill., et *Bellerophon decussatus*, Flem [1]. Quant à la puissance de cet étage, elle semble ne pas dépasser 650 mètres.

2, *a*. Calcaires, d'une couleur brune, gris foncé, gris clair ou bleuâtre, avec silex en nodules ou même en bancs entiers. Ces calcaires renferment des lits subordonnés d'argile schisteuse ou de schiste plus ou moins bitumineux, et quelquefois en telle quantité que le schiste forme dans cet ensemble la roche prédominante. La puissance approximative de cet étage est de 330 mètres. Les couches de calcaire les plus supérieures contiennent encore, quoique rarement, des fusulines (*Fusulina Verneuili*, Möll. [2]); et, quant aux autres fossiles, nous les indiquerons ici, sauf les formes déjà nommées dans le tableau *B* de l'ensemble 1 *a* des espèces :

A. Appartenant exclusivement ou principalement à cet étage :

Chætetes radians, Fisch.
Lithostrotion junceum, Flem.
Lonsdaleia floriformis, Flem.
Cyathaxonia { *conisepta*, Keys. / *cincta*, Ludw. / *squamosa*, Ludw. }
Fenestella quadridecimalis, Mc Coy.
Phillipsia mucronata, Mc Coy.
Productus... { *Keyserlingianus*, Kon. / *mesolobus*, Phill. [3]. }
Chonetes lobata, Grünew.
Athyris expansa, Phill.
Cyrtina? carbonaria, Mc Coy.
Spiriferina insculpta, Sow.
Spirifer.... { *bisulcatus*, Sow. / *mosquensis*, Fisch. }
Aviculopecten { *rigidus*, Mc Coy. / *flabellulus*, Mc Coy. / *subclathratus*, Keys. }
Capulus vetustus, Sow.
Naticopsis... { *elliptica*, Phill. / *plicistria*, Phill., etc. }

B. Passant dans les couches plus inférieures :

Syringopora { *conferta*, Eichw. / *ramulosa*, Park. / *reticulata*, Goldf. }
Lithostrotion { *irregulare*, Phill. / *Martini*, E. H. / *basaltiforme*, Conyb. }
Cyathophyllum? multiplex, Keys.
Amplexus arietinus, Fisch.
Zaphrentis?. { *obliquum*, Keys. / *compressa*, Ludw. }
Productus.. { *giganteus*, Mart. / *margaritaceus*, Mart. / *tubarius*, Keys. / *semireticulatus*, Mart. }

[1] Val. de Mœller, *Description géologique des districts Ilim et Outka dans l'Oural* (en langue russe), 1875, p. 99 et 123, ainsi que : *Esquisse géologique des environs de l'usine Alexandrovsk dans l'Oural*, 1876, p. 11 et 47.

[2] Val. von Möller, *Die spiral-gewund. Foraminiferen des russ. Kohlenkalks*, 1878, p. 64, tab. III, fig. 1 *a-g*, et tab. IX, fig. 2 *a* et 2 *b*.

[3] Passe aussi quelquefois, mais bien rarement, dans les couches plus inférieures.

Productus punctatus, Mart.
Chonetes.... { *comoïdes*, Sow. / *papilionacea*, Phill.
Orthotetes crenistria, Phill.
Rhynchonella angulata, L.
Terebratula sacculus, Mart.
Aviculopecten Knockoniensis, Mc Coy.

Euomphalus { *æqualis*, Sow. / *catillus*, Mart. / *Dyonisii*, Montf. / *pugilis*, Sow.
Bellerophon.. { *decussatus*, Ferr. / *Ferrusaci*, d'Orb., etc.

2, *b*. Calcaires gris foncé ou presque noirs, avec des concrétions de silex, exhalant sous le choc du marteau une odeur très fétide; renfermant souvent des lits subordonnés d'argile schisteuse et beaucoup plus rarement de grès quartzeux. Dans les horizons inférieurs de cet étage, les lits d'argile schisteuse et de grès augmentent quelquefois à un tel point qu'ils composent, à la base de l'étage dont il s'agit, une assise à part, d'une épaisseur plus ou moins considérable. Cette assise repose sur le dévonien supérieur et contient souvent des amas d'hématite brune et même quelquefois, mais plus rarement, des couches de houille. L'argile schisteuse, ainsi que le grès quartzeux qui l'accompagne, renferment, à côté des plantes terrestres, des coquilles marines, comme, par exemple : *Productus giganteus*, Mart.; *Chonetes papilionacea*, Phill.; *Orthotetes crenistria*, Phill.; *Aviculopecten Knockoniensis*, Mc Coy, et *Allorisma regularis*, King. L'étage en question a une puissance approximative de 1,500 mètres, et, quant à ses fossiles particuliers, nous indiquerons ici :

Syringopora capillacea, Ludw.
Lithostrotion fasciculatum, Keys.
Zaphrentis ? cylindrica, Scoul.

Productus .. { *giganteus*, Mart., *var. hemisphæricus*, Sow. / *striatus*, Fisch.
Allorisma regularis, King.

De tout ce qui précède il résulte que, dans la bande de l'Oural, le système carbonifère atteint une puissance approximative de 3,280 mètres.

Enfin, pour ce qui concerne le bassin du Donetz, on distingue l'ensemble de couches suivant :

1, *a*. Argiles schisteuses, psammites et calcaires argileux, avec des lits subordonnés d'argile ferrugineuse et des couches de houille, quoique bien rares. Les calcaires sont remplis de fusulines, et forment à la base de l'étage dont il est question une assise particulière plus ou moins épaisse. Parmi les fossiles de cet étage, nous citerons ici :

A. Espèces qui lui appartiennent exclusivement ou principalement :

Fusulina Verneuili, Möll.
Polypora macropora, Eichw.
Ceriocava arbuscula, Eichw.
Productus .. { *sinuatus*, Kon. / *tesselatus*, Kon.
Orthis Lamarcki, Fisch.
Camarophoria plicata, Kut.

Astarte rhomboidalis, Kon.
Cypricardia rhombea, Phill.
Cardiomorpha oblonga, Sow.
Edmondia unioniformis, Phill.
Macrocheilus imbricatus, Sow.
Murchisonia abbreviata, Sow., etc.

B. Espèces qui se trouvent aussi dans les couches des étages inférieurs :

Amplexus arietinus, Fisch.
Fenestella Veneris, Fisch.
Productus .. { *semireticulatus*, Mart. / *Cora*, d'Orb. / *spinulosus*, Sow.
Productus punctatus, Mart.
Orthotetes crenistria, Phill.
Spirifer .... { *trigonalis*, Mart. / *striatus*, Mart.
Cardinia Eichwaldiana, Vern., etc.

Les couches de cet étage sont dans une stratification concordante avec les dépôts permiens du petit bassin de Bakhmoute, qui est limité par ces couches à l'Est et au Sud. Leur puissance générale, ainsi que celle des étages qui suivent, reste jusqu'à ce jour inconnue.

1, *b.* Alternances successives d'argile schisteuse, renfermant des amas d'hématite brune, de schiste, de grès, de calcaire et des couches nombreuses d'une houille plus ou moins grasse et excellente. Outre les débris de plantes terrestres, et les formes marines citées dans la colonne *B* de l'étage précédent, les différentes couches de cet ensemble complexe renferment encore :

Chætetes depressus, Fl.
Phillipsia mesotuberculata, Mc Coy.
Discina Davreuxiana, Kon.
* *Productus scabriusculus*, Mart.
* *Spirifer mosquensis*, Fisch.
Avicula subpapyracea, Vern.
Mytilus fragilis, Eichw.
Nucula .... { *cardiiformis*, Eichw. / * *tumida*, Phill. / *carbonaria*, Eichw.
Solemya primæva, Phill.
Dentalium ornatum, Phill.
* *Bellerophon* .. { *decussatus*, Ferr. / *Urii*, Flem.
Euomphalus ... { *catillus*, Sow. / *pugilis*, Phill. / * *Baeri*, Eichw.
* *Naticopsis elegantissima*, Eichw.
* *Pleurotomaria* { *interstrialis*, Phill. / *carbonaria*, Eichw.
Nautilus clitellarius, Sow.
Goniatites Listeri var. *Mariæ*, Sow., etc.

Parmi ces espèces, celles qui sont désignées par une étoile se retrouvent aussi dans les étages moins élevés, excepté le *Spirifer mosquensis*, qui, dans l'étage le plus inférieur, ne se rencontre plus; cette espèce est répandue principalement dans les assises de l'étage qui suit.

2, *a.* Psammites, schistes et argiles schisteuses; avec quelques bancs de calcaires et de couches subordonnées d'une houille anthraciteuse, ou même de l'anthracite, et des amas d'hématite; le calcaire renferme quelquefois des filons quartzeux avec galène. Outre les plantes terrestres et les formes marines marquées plus haut par une étoile, nous trouvons dans cet étage :

Lingula elliptica, Phill. (qui se rencontre le plus souvent dans le schiste houiller).
Productus .. { *semireticulatus*, Mart. / *longispinus*, Sow.
* *Orthis resupinata*, Phill.
Rhyachonella pleurodon, Phill.
Spirifer striatus, Mart.
Spirifer lineatus, Mart.
Avicula interstitialis, Phill.
Macrodon squamosus, Kon.
* *Pholadomya Omaliusiana*, Kon.
* *Macrocheilus Michotianus*, Kon.
* *Eulima Phillipsiana*, Kon., etc.

Parmi les espèces citées, celles qui sont marquées par une étoile se retrouvent aussi dans des couches plus inférieures.

2, *b*. Calcaires, avec des lits subordonnés de grès, de schiste et d'argile schisteuse; à la base de cet étage nous retrouvons encore des conglomérats. A l'exception des plantes terrestres, ces couches, surtout les calcaires, renferment :

Syringopora reticulata, Goldf.
Amplexus cornu-bovis, E. H.
Poterioerinus granulosus, Phill.
Productus giganteus, Mart.
Athyris.... { *expansus*, Phill. / *ambigua*, Sow.
Euomphalus pentangulatus, Sow.
Nautilus clitellarius, Sow., etc.

L'ensemble de couches dont il s'agit repose immédiatement sur les roches cristallines.

Si nous comparons maintenant les caractères paléontologiques et la constitution géologique des trois principales régions carbonifères de la Russie d'Europe, il nous sera facile de voir que toutes ces régions ne représentent réellement que des parties différentes d'un même et vaste bassin marin, aux limites duquel les dépôts purement marins entrent dans des relations plus ou moins étroites avec les sédiments terrestres (ou d'eaux douces). Ces relations sont plus intimes dans le bassin du Donetz, où le système carbonifère, du haut jusqu'en bas, nous offre des alternances presque infinies des dépôts terrestres avec ceux de la mer; dans la bande de l'Oural, elles sont déjà beaucoup moins grandes, et dans celle de l'Ouest, enfin, — où les mouvements du sol, durant la période carbonifère, se manifestèrent dans le moindre degré, — elles atteignent leur minimum.

En face de ces relations, qui existent en Russie entre le calcaire carbonifère et le terrain houiller proprement dit, on arrive à se poser cette question: faut-il considérer cet énorme ensemble de différents dépôts de l'âge carbonifère comme un équivalent de la seule partie inférieure du système carbonifère de l'Europe occidentale, — c'est-à-dire du calcaire de montagne, — ou bien de ce système tout entier? Il nous semble qu'une réponse satisfaisante à cette question ne peut être donnée qu'après une analyse plus exacte des documents stratigraphiques et bathrologiques que nous possédons aujourd'hui. Tâchons donc d'analyser ces documents le mieux possible.

Malgré l'immense extension des dépôts carbonifères dans la Russie d'Europe, nous les retrouvons partout dans ce pays en stratification concordante avec les sédiments permiens, dont ils sont recouverts, et les terrains dévoniens qui s'étendent au-dessous. Dans des localités où, par hasard, ces derniers ne se sont pas développés, les dépôts carbonifères reposent immédiatement sur des roches cristallines, comme dans le bassin du Donetz, ou sur les couches siluriennes, comme, par exemple, sur quelques points du versant occidental de l'Oural (les districts Serginsk, Outka et Kiselovsk), et près de Vychnii-Volotchok, gouvernement de Tver; mais, dans ce cas, ils se trouvent toujours avec ces dernières en stratification discordante [1]. Ces relations restent

[1] Val. de Mœller, *Description géologique des districts Ilim et Outka* (en langue russe), 1875, p. 205 et 213, et J. de Bock, *Recherches géologiques dans les cercles Vychvevolotzk et Novotorchsk* (*Matér. pour la géologie de la Russie*, publié par la Société impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg, t. III, 1871, p. 186 et 187).

les mêmes quand les dépôts carbonifères et dévoniens ont conservé leur position normale et quand ils ont éprouvé des perturbations plus ou moins graves (comme, par exemple, dans la bande de l'Oural et le bassin du Donetz). Quant à la stratification discordante des dépôts permiens et des dépôts carbonifères, ou de ceux-ci avec les dévoniens, nous ne l'observons que dans des cas bien rares et notamment quand, par des circonstances tout exceptionnelles, il existe une lacune quelconque dans l'ensemble général des couches appartenant à ces trois systèmes. Ainsi, les documents stratigraphiques seuls nous montrent déjà bien clairement que les dépôts marins, non seulement de l'âge carbonifère, mais aussi du dévonien et du permien, se sont formés, sur la plus grande étendue de la Russie d'Europe, sans la moindre interruption. Cette déduction se rapporte aussi à quelques autres systèmes géologiques de la Russie d'Europe, mais nous ne voyons aucune nécessité de les mentionner ici.

Si nous poursuivons la succession des différentes couches, à partir des limites de notre vaste bassin carbonifère vers sa partie centrale, occupée par les dépôts permiens et d'autres plus récents, nous trouverons partout, mais seulement dans un sens inverse, le même ordre que nous avons déterminé plus haut pour les trois principales surfaces carbonifères de la Russie d'Europe. En général, les dépôts dévoniens supérieurs (dans les deux bandes occidentale et orientale), ou immédiatement les roches cristallines (dans le bassin du Donetz), sont recouverts par une série plus ou moins considérable de couches, caractérisées surtout par la présence du *Productus giganteus*, Mart.; dans les gouvernements centraux de la Russie et sur le versant occidental de l'Oural, cette série de couches, d'après ses caractères paléontologiques et minéralogiques, est pourtant si intimement liée avec les couches dévoniennes supérieures, qu'il est bien difficile, et dans beaucoup de cas même impossible, de tracer une limite entre elles. Nous n'avons qu'à nous souvenir de l'*étage de Malovka-Mouraïevna*, que chaque mineur expérimenté de la Russie centrale connaît si bien aujourd'hui. Que de fois, même dans ces derniers temps, les couches de cet étage ont été rapportées tantôt au système dévonien, tantôt au système carbonifère; et, en vérité, elles nous représentent un tel mélange d'espèces dévoniennes et carbonifères, qu'on peut à volonté leur attribuer l'un ou l'autre âge relatif. Quant aux géologues russes, ils sont, pour la plupart, parfaitement d'accord pour les rapporter au système dévonien, tandis qu'un paléontologiste étranger, M. de Koninck, veut, au contraire, voir dans l'étage de Malovka-Mouraïevna l'assise la plus inférieure du calcaire carbonifère [1]. Admettons même que cette fois M. de Koninck ait vraiment raison, la question ne change nullement, et la position des couches à *Productus giganteus* au-dessus de l'étage cité, ainsi que l'affinité paléontologique qui existe entre ces deux ensembles, sont hors de doute. Il est certain aussi que les couches à *Productus giganteus* sont surmontées partout par les calcaires à fusulines, et qu'entre ces calcaires et les dépôts permiens dont ils sont recouverts existent, dans les différentes parties de notre vaste pays, des relations aussi étroites

[1] Dr L.-G. de Koninck, *Notice sur le calcaire de Malovka et sur la signification des fossiles qu'il contient* (*Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, 1875, p. 171).

qu'entre les couches à *Productus giganteus* et l'étage de Malovka-Mouraïevna. Les meilleurs exemples des dépôts intermédiaires, entre le calcaire à fusulines et les couches permiennes, nous sont offerts par quelques localités de la Russie septentrionale (Ouste-Nem, au gouvernement de Vologda, et Timan) et le versant occidental de la partie méridionale de l'Oural. Dans les deux premières localités, il y a un véritable passage entre les couches citées au moyen d'un calcaire renfermant, avec les espèces carbonifères (telles que l'*Orthotetes crenistria var. senilis*, Phill.; *Productus tuberculatus*, Möll.; *Spiriferina saranæ*, Vern., etc.), des formes permiennes (comme *Chætetes crassus*, Lonsd.; *Polypora biarmica*, Keys.; *Aviculopecten Kokcharofi*, Vern., etc. [1]), tandis que, dans l'Oural méridional, ce passage s'établit au moyen de l'*étage d'Artinsk*, composé principalement de psammites et poudingues calcarifères, de marnes et d'argiles schisteuses qui, outre des débris de plantes terrestres, renferment encore : *Fusulina Verneuili*, Möll.; *Schwagerina princeps*, Ehrenb.; *Kirkbya permiana*, Jones; *Productus Cancrini*, Vern.; *Productus cf. hemisphæricum*, Kut.; *Productus longispinus*, Sow.; *Chonetes cf. Uralica*, Möll.; *Spirifer lineatus*, Mart.; *Spirifer integricostus*, Phill.; *Orthoceras Verneuili*, Möll., des formes toutes particulières de goniatites (*Gon. Jossac*, Vern.; *Gon. Koninckianus*, Vern.; *Gon. Kingianus*, Vern.; *Gon. Sobolewskianus*, Vern.; *Sageceras Orbignyanus*, Vern., et *Sag. Artieasis*, Grünew.), et quelques autres espèces tout à fait nouvelles [2].

La superposition des couches sur les limites du grand bassin carbonifère russe, déterminée plus haut, ne nous représente qu'une déduction résultant des nombreuses recherches géologiques, quelques-unes très détaillées, qui ont eu lieu pendant les quarante dernières années dans les différentes parties de la Russie d'Europe. Elle se base sur une littérature immense et sur une quantité de coupes géologiques, dues à de nombreux travaux souterrains. Il nous paraît donc bien étrange que, contre cette déduction, M. de Koninck, sans avoir étudié sur lieu nos dépôts carbonifères, trouve la possibilité d'élever la voix. Ses répliques ne s'appuient cependant que sur des faits bien connus, qu'en Belgique la forme russe du *Spirifer mosquensis* ne se trouve que dans les assises inférieures, tandis que le *Productus giganteus* n'existe que dans les assises supérieures du calcaire carbonifère [3]. Il suffit de ces deux faits à M. de Koninck pour tirer les conclusions suivantes :

1° Que le calcaire de Malovka «sert probablement de base à celui des environs de Miatchkowa, renfermant le *Spirifer mosquensis*, Fisch.»;

2° «Que jusqu'ici il existe en Russie une lacune dans le terrain carbonifère, repré-

(1) Barbot de Marny, *Voyage géologique dans les gouvernements septentrionaux de la Russie d'Europe*, en langue russe (*Verhandl. der Kais. miner. Gesellsch. zu S' Petersb.*, 2e sér., III B., 1868, p. 243), et Stuckenberg, *Rapport d'un voyage géologique dans le Timan et la contrée de Petchora*, aussi en langue russe (*Matér. pour la géologie de la Russie*, publié par la Société impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg, t. IV, 1875, p. 81 et 82).

(2) A. Karpinsky, *Recherches géologiques dans la contrée d'Orenbourg*, en langue russe (*Verhandl. der Kais. miner. Gesellsch zu S' Petersb.*, 2e sér., B. IX, 1874, p. 267), et Val. v. Möller, *Uber den geognost. Horiz. des Sandsteins*, von Artinsk (*Ibid.*, Jahrg., 1862, p. 236-274).

(3) De Koninck, *loc. cit.*, p. 168.

sentée en Belgique par les assises intermédiaires de Waulsort, et en Irlande par celles des environs de Dublin»;

3° «Que le calcaire à *Productus giganteus*, Mart., loin de se trouver à la base du terrain carbonifère, appartient au contraire aux assises supérieures de ce terrain, et que les couches de schiste et de houille, sur lesquelles il s'étend dans certaines localités, lui sont subordonnées [1].»

En un mot, M. de Koninck veut voir le système carbonifère de la Russie d'Europe dans la position même dans laquelle il s'efforça vainement de retenir si longtemps tout l'ensemble des différentes assises du calcaire carbonifère de la Belgique. Les mêmes espèces — le *Spirifer mosquensis* et le *Productus giganteus* — lui font pour la seconde fois commettre, selon nous, une inexactitude bien grave. Celle-ci dépend, comme nous l'avons déjà dit un jour [2], d'une habitude de M. de Koninck d'attribuer à certaines espèces une signification universelle qu'elles ne méritent guère. Une telle espèce est, par exemple, le *Spirifer mosquensis*, Fisch. En Russie, et en Belgique de même, on le tient, et non sans raison, pour un fossile bien caractéristique; mais déjà dans les diverses parties du grand bassin carbonifère russe, cette espèce caractérise des étages si différents, qu'elle ne peut aucunement servir pour une comparaison quelconque de nos dépôts carbonifères avec ceux de l'Europe occidentale, et surtout de la Belgique. Et ce n'est pas la seule espèce qui, dans les diverses parties de notre bassin carbonifère, atteigne un très grand développement dans des étages bien différents; une distribution analogue nous est aussi offerte par : *Chætetes radians*, Fisch.; *Lonsdaleia floriformis*, E. H.; *Allorisma regularis*, King, et quelques autres formes encore. Quant au *Productus giganteus*, Mart., celui-ci a incontestablement plus de droit à un rôle universel, car il caractérise en Russie et dans toute l'Europe occidentale la partie inférieure du système carbonifère; ainsi cette espèce parvient au maximum de son développement pour notre pays dans les assises les plus inférieures, et en Belgique dans les couches supérieures, mais toujours dans la partie inférieure du calcaire carbonifère, tel que nous le comprenons. Nous avons encore à convaincre M. de Koninck qu'il n'existe positivement pas la moindre lacune dans le système carbonifère de Russie, et qu'une supposition pareille ne peut être exprimée que par un savant qui ne connaît pas assez les relations réciproques des différents dépôts carbonifères de ce pays.

Vérifiant ensuite tout ce qui précède, et prenant en considération : 1° la puissance considérable du système carbonifère de la Russie d'Europe, d'après les déterminations faites sur le versant occidental de l'Oural; 2° la formation comparativement tranquille des différentes couches de ce système qui, sur leur plus grande étendue, ont conservé une position horizontale; et 3° les relations minéralogiques et paléontologiques si étroites qui existent entre les différents étages de notre système carbonifère, ainsi qu'entre ce système et les couches qui le recouvrent ou sur lesquelles il repose, nous arrivons bien logiquement à la conclusion que tous nos dépôts carbonifères pris ensemble — et

[1] De Koninck, *loc. cit.*, p. 171.
[2] Val. de Mœller, *Description géologique des districts Ilim et Outka*, 1875, p. 65 et 66.

	BASSIN DE SAARBRÜCK.	ANGLETERRE.	BELGIQUE.	ALLEMAGNE SEPTENTRIONALE ET POLOGNE.	BASSI
Couches intermédiaires entre carbon. et perm.	Kohlen-Rothliegendes.	Couches intermédiaires de Shrewsbury, de Coalbrookdale, de Dudley en Staffordshire, etc.			
SYSTÈME CARBONIFÈRE SUPÉRIEUR.	Ottweiler-Schichten. (*Coal measures.*)	*Coal measures.*	Étage houiller. (*Coal measures.*)	Productives Kohlengebirge. (*Coal measures.*)	*Co* Calca *Co* Calca
				Argile schisteuse avec coquilles marines	*Co*
		Millstone grit.	Étage sans houille. (Phthanites.)	Flötzleerer Sandstein.	à *Spir* *Co*
SYSTÈME CARBONIFÈRE INFÉRIEUR.	Saarbrücken-Schichten. (*Coal measures.*)	Mountain limestone (à *Productus giganteus*). / Culm.	Calcaire carbonifère. { Assise de Visé. (*Productus giganteus.*) / Assise de Waulsort. / Assise de Tournay. (*Spirifer mosquensis.*)	Kohlenkalk (à *Productus giganteus*). / Culm.	à *Spir* *Co* *Co* *Co* à *Prod* G co

E D'EUROPE.		ALPES	AMÉRIQUE
DE ORIENTALE I DE L'OURAL.	BANDE OCCIDENTALE.	AUTRICHIENNES.	SEPTENTRIONALE.
ge d'Artinsk et res de Timan.	Calcaires d'Ouste-Nem.	Grès et calcaires à fusulines de Gailthal.	Calcaires et marnes de Nebraska-City.
Calcaires fusulines.	Calcaires à fusulines et *Spirifer mosquensis.*	Calcaire à fusulines.	Calcaires à fusulines.
		Grès, marnes et conglomérats avec des couches subordonnées d'une houille anthraciteuse.	*Coal measures.*
al measures.			Millstone grit.
Calcaires *ifer mosquensis* et *ctus giganteus.*	Calcaires à *Productus giganteus* et *Productus striatus.*	Calcaire à *Productus giganteus.*	Upper subcarboniferous limestone.
Calcaire *uctus giganteus* et *uctus striatus.*		Culm.	Lower subcarboniferous limestone.
			Siliceous group (*culm*).
al measures.	*Coal measures.*		

bien que le calcaire carbonifère prédomine parmi eux — ne peuvent aucunement correspondre à la seule partie inférieure du système carbonifère de l'Europe occidentale ou de l'Amérique, mais représentent, au contraire, un équivalent de ce système tout entier.

En rangeant enfin, comme dans le tableau ci-joint, nos dépôts carbonifères en parallèle avec ceux des autres pays de l'Europe, ainsi qu'avec ceux de l'Amérique septentrionale, nous parvenons aux conclusions suivantes sur les questions que nous avons posées :

1. Ni le terrain houiller proprement dit (ou le *coal measures*), ni le calcaire carbonifère ne peuvent être considérés comme des étages distincts du système carbonifère, car ils embrassent : le premier, une série énorme des différents dépôts terrestres de la période carbonifère, et le second, une série analogue des dépôts marins de la même période. De là un remplacement mutuel et plus ou moins complet de ces deux formations. Ainsi, le terrain productif du bassin de Moscou n'est qu'un dépôt contemporain des assises les plus inférieures du calcaire carbonifère de la Belgique et de l'Angleterre, et, au contraire, le *coal measures* de ces deux pays, ainsi que de l'Amérique, ne représente qu'une formation parfaitement parallèle à notre calcaire à fusulines [1]. Voilà pourquoi le dernier renferme aussi un grand nombre d'espèces tout à fait particulières, que nous ne retrouvons ni dans le calcaire carbonifère de la Belgique, ni dans celui de l'Angleterre ou de l'Allemagne; à ce nombre appartiennent, à l'exception des fusulines et des quelques autres foraminifères bien caractéristiques, une quantité de bryozoaires, de crinoïdes, de polypiers, quelques trilobites, et, parmi les mollusques, les formes suivantes : *Productus Villiersi*, d'Orb.; *Pr. genuinus*, Kut.; *Pr. porrectus*, Kut.; *Pr. Timanicus*, Stuckenb.; *Pr. tuberculatus*, Möll.; *Pr. Schrenki*, Stuckenb.; *Chonetes Uralica*, Möll.; *Orthis Lamarcki*, Vern.; *Camarophoria plicata*, Kut.; *Cam. sella*, Kut.; *Rhynchonella Wangenheimi*, Pand.; *Rh. Keyserlingi*, Möll.; *Spirifer lyra*, Kut.; *Macrodon semilarvis*, Keys.; *Cardinia Eichwaldiana*, Vern.; *Conocardium Uralicum*, Vern.; *Euomphalus Soïwæ*, Keys.; *Capulus parasiticus*, Trautsch.; *C. mitræformis*, Tr.; *C. pumilus*, Tr.; *Cyrtoceras deflexum*, Tr.; *Orthoceras polyphemus*, Fisch.; *Orthoceras decrescens*, Tr.; *Nautilus excentricus*, Eichw., etc.

2. De même, le *culm* et le *millstone grit* ne peuvent non plus former des étages particuliers du système carbonifère, et ils ne nous représentent que des dépôts marino-littoraux, correspondant principalement à la partie inférieure et moyenne du calcaire carbonifère. Le remplacement du *culm* par les assises inférieures de ce calcaire et réciproquement est déjà si nettement éclairci par les

[1] En ce qui concerne la contemporanéité du *coal measures* de l'Europe occidentale avec le calcaire à fusulines de la Russie, j'ai déjà exprimé mon opinion dans une lettre, adressée à l'un des honorables rédacteurs du *Neues Jahrbuch Mineral., Geol. und Palæontol.*, M. le professeur Geinitz (voyez le journal cité, de l'année 1871, p. 648); mais, vers ce temps-là, j'ignorais encore qu'un de mes respectables collègues, M. le professeur Levakoffsky, se fût prononcé d'avance, bien que dans une forme hypothétique, tout à fait dans le même sens (voyez son *Cours de géologie*, en langue russe, 1864, p. 510 et 511).

recherches récentes des géologues anglais, allemands et autrichiens, que toutes les discussions sur ce sujet nous semblent complètement inutiles. On doit se demander si le *millstone grit* ne joue pas un rôle tout à fait analogue relativement à certaines assises (les plus inférieures) de la partie supérieure du calcaire carbonifère. Personnellement, nous sommes persuadé que ces deux formations, c'est-à-dire le *culm* et le *millstone grit*, ne sont que des chaînons intermédiaires, par lesquels s'établit une alliance des plus étroites, dans une direction horizontale et en partie aussi verticale, entre le calcaire carbonifère et le *coal measures* (largement compris).

3. En général, le système carbonifère, comme toute autre formation sédimentaire, a une composition double; il nous représente un vrai *dyas* de son genre, composé, conformément au petit tableau ci-joint, de deux dépôts parfaitement contemporains : terrestre (*coal measures*) et marin (*calcaire carbonifère*), dont le dernier prend souvent un caractère littoral (*culm* et *millstone grit*).

	DÉPÔTS TERRESTRES (OU D'EAUX DOUCES).	DÉPÔTS MARINS (DE MER PROFONDE OU LITTORAUX).
SYSTÈME CARBONIFÈRE OU CARBON, LARGEMENT COMPRIS.	Terrain houiller ou *coal measures* supérieur. (*Carbon de M. Stur* [1].)	Millstone grit. / Calcaire carbonifère supérieur (calcaire à fusulines).
	Terrain houiller ou *coal measures* inférieur.	Culm. / Calcaire carbonifère inférieur (calcaire à *Productus giganteus*).

[1] D. Stur, *Die Culm-Flora der Ostrauer and Waldenburger-Schichten*, 1877, p. 471.

Il résulte donc de ce qui précède que le calcaire carbonifère à *Productus giganteus* et le *culm* de l'Angleterre, de l'Allemagne, des Alpes autrichiennes (et de l'Autriche en général), *the subcarboniferous group* de l'Amérique septentrionale, le calcaire carbonifère de la Belgique et du Boulonais, les calcaires à *Productus giganteus* de toute la Russie d'Europe, le terrain houiller du bassin de Moscou, les couches productives inférieures de l'Oural, du Donetz, de Saar-

brück, de l'Angleterre et de l'Écosse, ne sont que des représentants de la partie inférieure du système carbonifère; tandis que le *upper coal measures* de l'Angleterre, le terrain houiller proprement dit de la Belgique et de la France septentrionale, de l'Allemagne septentrionale, la Saxe comprise, de la Pologne, de la Bohême et de la France centrale, de l'Amérique septentrionale, les couches d'Ottweiler, du bassin de Saarbrück, le terrain productif supérieur du versant occidental de l'Oural et du Donetz, ainsi que les calcaires à fusulines de la Russie d'Europe entière, des Alpes autrichiennes et de l'Amérique, n'appartiennent qu'à la partie supérieure du même système. Il nous reste encore à distinguer, dans chacune de ces deux sections du système carbonifère, — dans le terrain houiller proprement dit et dans le calcaire carbonifère, — des étages subordonnés et réciproquement contemporains. Mais ce n'est pas si facile à faire; toutefois, nous espérons que, grâce aux efforts réunis des géologues et de paléontologues des diverses nations, nous arriverons, avec le temps, à une solution plus ou moins satisfaisante de ce problème. (Vifs applaudissements.)

DISCUSSION.

M. le Président. La parole est à M. Gosselet.

M. Gosselet. Messieurs, la communication que vient de nous faire M. de Moeller est fort intéressante. Il me semble qu'elle peut être divisée en deux parties.

Dans une partie, M. de Moeller reproche à M. de Koninck de s'être trompé dans la détermination qu'il a faite des différentes assises du calcaire carbonifère de Russie.

M. de Koninck, ayant comparé les fossiles des diverses couches carbonifères de Russie, a reconnu dans le calcaire à fusulines le *Spirifer mosquensis*, et dans d'autres calcaires le *Productus giganteus*.

Or il avait trouvé qu'en Belgique le *Productus giganteus* est à la partie supérieure du calcaire carbonifère, tandis que le *Spirifer mosquensis* est à la partie inférieure.

Il en a conclu que le calcaire à fusulines devait aussi, en Russie, être à la partie inférieure et en dessous des couches à *Productus giganteus*. C'est une conclusion toute naturelle à un paléontologiste qui n'a pas pu vérifier le fait de stratification. Il y a une erreur, mais une erreur que nous pourrions tous commettre, car tous nous sommes portés à élever les faits particuliers que nous observons à l'état de lois générales.

Je vous ferai remarquer qu'il y a quelques années, on avait commis l'erreur inverse, et que, jugeant des terrains de Belgique par ceux de la Russie, on avait dit qu'en Belgique le *Productus giganteus* était à la base.

Revenons maintenant à la communication de M. de Moeller. Nous remarquons que le calcaire carbonifère, comme nous l'entendons, contient plusieurs faunes bien distinctes.

M. Dupont, qui a si bien étudié le calcaire carbonifère de Belgique, y a reconnu au moins cinq ou six faunes, bien différentes les unes des autres.

Seulement, dans le calcaire carbonifère comme dans toute espèce de terrains, si l'on veut bien juger les divisions paléontologiques, on doit examiner principalement les animaux supérieurs, tels que les céphalopodes.

C'est ce que M. de Koninck a fait pour le calcaire carbonifère de Belgique, dans le magnifique ouvrage qui va paraître incessamment. Il établit que les assises de M. Dupont sont caractérisées par des espèces de céphalopodes distinctes.

Un géologue allemand, M. Kayser, a aussi reconnu le même fait pour les couches du dévonien supérieur des provinces rhénanes, où il a pu établir des niveaux parfaitement nets, d'après les céphalopodes.

Mais quand on considère les animaux d'un ordre inférieur, on voit que, s'il y a quelques espèces qui, jusqu'à présent, pour de petites régions, forment des niveaux bien nets, beaucoup d'autres espèces, au contraire, ont une tendance à courir, sur une étendue considérable, des assises les plus inférieures du terrain jusqu'aux assises supérieures.

Nous constatons aussi que, dans certains pays, dans certaines régions, ces mêmes espèces se trouvent surtout à la partie inférieure, tandis que, dans d'autres régions, elles se trouvent à la partie supérieure.

Ainsi, pour le *Productus giganteus*, je pensais qu'en Belgique et dans le nord de la France il ne se trouvait qu'à la partie supérieure du calcaire carbonifère. Or, l'année dernière, je l'ai trouvé à la partie moyenne. Il n'y a rien d'étonnant qu'en Russie il s'étende jusque dans la partie inférieure.

Le *Spirifer mosquensis* existe à la partie inférieure, mais je crois qu'il doit se trouver également à la partie supérieure. Rien d'étonnant qu'en Russie il s'étende jusque dans le calcaire à fusulines.

Ainsi donc, les observations de M. de Moeller ne sont qu'une application des lois paléontologiques.

M. de Moeller a appelé aussi notre attention sur un fait différent. Nous avons, a-t-il dit, en Russie, à la partie inférieure le calcaire à *Productus giganteus*, puis le calcaire à fusulines, et au-dessus le calcaire pénéen. Trois étages marins, qui se suivent et sont superposés les uns aux autres, sans différence de stratification et avec passage insensible. M. de Moeller établit en Russie, pour les époques carbonifère et permienne, une échelle continue de terrains marins.

D'un autre côté, il existe des bassins houillers de divers âges. C'est un fait que les beaux travaux de M. Grand'Eury ont parfaitement mis en évidence. Nous avons le bassin houiller de la basse Loire qui appartient peut-être au dévonien supérieur. En Allemagne, il y a les dépôts houillers de Kulm qui sont de l'âge du calcaire carbonifère.

D'autres au contraire, tels que ceux de Saarbrück, sont du même âge que les dépôts houillers de Belgique.

Puis nous avons les bassins houillers du centre de la France, qui appartiennent à un âge un peu plus récent. Puis enfin des dépôts houillers qui se relient au pénéen. On a trouvé, en Autriche, des fossiles pénéens au milieu des plantes carbonifères.

Nous avons donc là une autre série de formations terrestres ou au moins

lacustres, formations contemporaines des formations marines, comme l'a très bien fait remarquer M. de Moeller.

Il est évident que nous ne pouvons pas venir dire : tous les dépôts houillers constituent un étage intermédiaire entre les dépôts du calcaire carbonifère et les dépôts du calcaire pénéen. Non; ce sont des dépôts synchroniques.

Eh bien! il y a là un fait important et un écueil à signaler aux géologues, qui sont en général trop disposés à faire des couches de terrain à part, pour les formations marines et pour les formations d'eau douce.

Nous avons donc une grande série maritime, où l'on peut faire trois distinctions pour le calcaire carbonifère proprement dit ou à *Productus giganteus*, pour le calcaire à fusulines et pour le calcaire pénéen; et parallèlement une grande série d'eau douce.

Mais, ceci étant posé d'une manière générale, il n'en est pas moins vrai que, dans notre Europe occidentale, nous avons, à la base, un dépôt essentiellement marin, le calcaire carbonifère. A la partie moyenne, un dépôt essentiellement terrestre ou calcaire et que nous appelons spécialement houiller.

Puis à la partie supérieure, un autre dépôt que je suis heureux de voir relié au calcaire carbonifère : c'est le dépôt pénéen, qui, en Allemagne et en Angleterre, est aussi un dépôt essentiellement marin.

Le terrain carbonifère ne serait donc pas un dyas, mais un véritable trias, car je crois qu'on ne peut pas en séparer le terrain pénéen.

Par conséquent rien ne nous empêche, pour notre Europe occidentale, où les dépôts d'eau douce ont pris une grande extension, de conserver l'ancienne classification du terrain carbonifère en trois parties, et de distinguer le calcaire carbonifère de l'étage houiller.

Les géologues devront tenir compte de l'observation de M. de Moeller, et s'il se confirme que le calcaire à fusulines est intermédiaire entre le calcaire carbonifère proprement dit et le calcaire pénéen, nous admettrons qu'il appartient à l'étage houiller; de cette façon, on pourrait dire que le calcaire à fusulines est de l'âge houiller proprement dit. (Applaudissements.)

M. de Lapparent. Le résultat le plus saillant du travail de M. de Moeller me paraît être de mettre en évidence, d'une façon indiscutable, l'unité et l'individualité du système carbonifère, puisque, en Russie, ce système semble constitué surtout par un calcaire, avec formations houillères subordonnées à tous les niveaux possibles.

Mais il n'en résulte nullement que la classification du bassin anglo-français doive être abandonnée. Le rôle de la géologie n'est pas, à mes yeux, de simplifier les classifications, mais bien, au contraire, de multiplier autant que possible les types locaux, à la condition d'établir ensuite avec sûreté le synchronisme des étages régionaux, et de ne pas étendre chacun d'eux au delà de la région pour laquelle il a été établi. A ce point de vue, le travail de M. de Moeller prouverait que, pour la subdivision du système carbonifère, il y a peu de secours à attendre de l'étude des fossiles marins, puisqu'on n'y peut guère distinguer que deux faunes marines, la faune à *Productus* à la base, celle à *fusulines* au sommet. Au contraire, les travaux de M. Grand'Eury nous

ont appris que l'étude des flores houillères permet d'établir un bien plus grand nombre de subdivisions. C'est donc à cette étude que nous devons, de préférence, demander la classification du système carbonifère en sous-étages, car la variation des flores atteste, dans les conditions atmosphériques de l'époque, une suite manifeste de changements physiques dont les mers ont très peu subi l'influence. Or, ce sont précisément ces changements physiques que la géologie a le devoir d'enregistrer et de cataloguer comme exprimant les étapes successives de la formation du globe terrestre. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Lesley.

SUR LES LIMITES DU TERRAIN CARBONIFÈRE
ET DU TERRAIN PERMIEN EN AMÉRIQUE,
D'APRÈS L'ÉTUDE DE LEURS FLORES.

M. Lesley (États-Unis). La flore de la formation carbonifère inférieure des États-Unis d'Amérique nous a été largement révélée par les belles études et les fructueuses recherches de MM. Lesquereux, Newberry, Dawson et autres; mais, jusqu'à présent, on ne connaissait pas les restes organiques propres aux divisions carbonifères supérieures, et notamment à leur portion la plus élevée, connue sous le nom de *Upper barren measures* (couches stériles supérieures).

Grâce aux investigations récentes de MM. White et Fontaine, professeurs de chimie et de géologie à l'Université de Morgantown (Virginie occidentale), près la frontière de Pensylvanie, cette lacune a été comblée et d'une façon fort inattendue. L'existence, si anciennement discutée de la formation permienne au centre de la grande aire carbonifère bitumineuse des Appalaches, a été mise hors de doute.

Le massif qui sépare les larges vallées de la Monongahela et de l'Ohio, a une altitude de 450 mètres (1,505 pieds) au-dessus du niveau de la mer, près Hillsborough. La Monongahela coule à la cote 265 mètres (860 pieds), à Fairmont (Virginie occidentale) [Baltimore et Ohio R.R.], et à la cote 220 mètres (710 pieds) à Pittsburgh. Les eaux de l'Ohio sont à 200 mètres (649 pieds), à Wheeling. Ce massif n'a pas moins de 500 kilomètres de long sur 150 de large; il est composé de couches carbonifères ayant une pente générale, mais très douce, de Pittsburgh en Pensylvanie, au Sud, vers Morgantown, sur la Monongahela, et au Sud-Ouest, vers Wheeling, sur l'Ohio (Virginie occidentale). Les couches forment cinq ou six plissements dont les axes sont orientés du Nord-Est au Sud-Ouest.

C'est un grand bassin, dont les couches ondulées présentent la succession suivante :

1. Upper barren measures :		
a. Green county group	600 pieds	950 pieds.
b. Washington county group	350	
2. Upper productive coal measures		470

(PITTSBURGH COAL BED.)

3. Lower barren measures	600 pieds.
4. Lower productive coal measures	300
5. Conglomerate measures	300
	800 mètres = 2,620

L'inclinaison des couches est faible, mais suffisante toutefois, pour que le *Pittsburgh coal bed*, par exemple, qui est à 100 mètres (370 pieds) au-dessus de la rivière Monongahela, à l'embouchure du Cheat, près Morgantown, arrive à 55 mètres (180 pieds) au-dessous du niveau de cette même rivière, à Grunsboro, à 10 kilomètres au Nord. Il en résulte qu'on peut observer parfois, dans une seule coupe, sur les flancs des vallées et dans les ravins latéraux, une épaisseur de 350 à 550 mètres de sédiments.

On a ainsi une heureuse facilité d'investigation pour la moitié supérieure de la masse des *coal measures*. Pour étudier la portion inférieure, il suffit de remonter alors le grand fleuve Alleghany, de Pittsburgh vers le Nord, sur une distance de 150 kilomètres, jusqu'à l'État de New-York. Sur les bords de ce fleuve, nous trouvons mille fois exposées, et avec un détail des plus minutieux, toutes les couches au-dessous du *Pittsburgh coal*, le système du conglomérat, les couches subcarbonifères, les couches de pétrole, etc.

La triple division de la formation houillère en supérieure et inférieure comprenant une portion moyenne stérile, ainsi que la détermination des grandes couches de houille, de calcaire, de grès, de limonite, etc., a été faite il y a quarante ans, par MM. R.-M.-S. Jackson, A.-Mc. Kinley, J.-T. Hodge, J.-P. Lesley, et d'autres, sous la direction du professeur H.-D. Rogers. Cette classification reste toujours debout. Mais grâce aux efforts prolongés et continus des quatre dernières années, grâce au zèle et à la science de MM. F. et W. Platt, Stevenson, White, Carll, Chance et Ashburner, aides-géologues du *Second Geological Survey of Pennsylvania*, une division bien plus détaillée de la masse des strates a été faite, et on a pu formuler avec précision un système d'identification des différentes couches, grandes et petites. On a ainsi démontré la persistance merveilleuse de couches, même très minces, sur des distances de vingt, trente ou quarante lieues, et la constance remarquable de l'épaisseur des mêmes couches, malgré des variations locales. On a reconnu, en outre, qu'il fallait abaisser la limite inférieure de la formation carbonifère, et y faire rentrer un système de couches de houille jusqu'ici inconnu, bien inférieur à la limite précédemment indiquée.

Des vallées d'érosion ont été découvertes dans le sein de la formation, sous le *Pittsburgh coal*. Elles tendent à démontrer que le continent a été émergé à un certain moment de l'époque houillère, puis plus tard de nouveau envahi par des eaux qui auraient comblé toutes les vallées, et nivelé ainsi le fond de la mer, avant le dépôt de cette couche principale de houille.

Nous avons encore à signaler une belle découverte de MM. Fontaine et White : celle d'une quatrième division qui, dans notre formation houillère, représente le système permien. Elle commence à plusieurs centaines de pieds

au-dessus du *Pittsburgh coal* et remplace les deux groupes (*Green* et *Washington*) des *Upper barren measures* de Stevenson. Elle contient de nombreux petits lits de houille et d'épaisses couches de calcaire. Elle débute par un puissant conglomérat, et se termine par une masse considérable de marnes rouges.

On doit reconnaître ici qu'il n'y a aucune ligne, aucun plan de démarcation entre ces couches permiennes et les couches carbonifères productives supérieures qui existent au-dessous. Au point de vue lithologique aussi, la ressemblance est presque parfaite. Sans aucun doute, les sédiments qui précédèrent immédiatement et ceux qui furent formés au début de cette époque, venaient de la même source, ils sont de même nature; la vie toutefois change à cette époque, la vie végétale comme la vie animale.

MM. Fontaine et White ont étudié cette flore. Trente planches exécutées à Pittsburgh seront publiées à l'appui de leur mémoire, soit par le *Survey*, soit par la Société américaine philosophique de Philadelphie. Ils ont figuré et décrit 107 espèces, dont 70 sont nouvelles; 23 seulement sont des espèces carbonifères connues, et de ce nombre 16 sont permiennes en Europe. Il s'ensuit que sur les 107 espèces de cette flore, 7 seulement sont des formes carbonifères typiques. Cette flore contient de plus, parmi ces 107 espèces, 27 espèces caractéristiques du permien d'Europe, telles que : *Callipteris conferta*, *Alethopteris gigas*, etc.; et, parmi les espèces nouvelles, beaucoup sont étroitement liées aux espèces caractéristiques du permien, quelques-unes même ont des relations curieuses avec les formes triasiques et liasiques. (Voir le tableau ci-après.)

Quant à la faune, pas une seule espèce de mollusques ne passe des couches carbonifères proprement dites aux couches de la division supérieure; un seul genre franchit cette limite, le genre *Solonomya*.

La division supérieure de notre formation carbonifère doit donc être rangée dans le permien. Son épaisseur actuelle de 200 mètres n'est qu'un faible reste de ce qui a été démantelé par la dénudation, depuis l'élévation prétriasique du continent américain.

Je désirerais vivement, Messieurs, développer ici les intéressantes questions qui se rattachent si naturellement aux faits précédents; mais la difficulté pour moi de m'exprimer dans votre langue me rend cela impossible. Il ne doit pas y avoir de malentendu entre l'orateur et son bienveillant auditoire, ni, ce qui est bien pire, entre les idées de celui qui parle et l'expression qu'il leur donne. La science réclame la précision. La vérité scientifique ne peut s'accommoder d'une rédaction imparfaite. Je crains que les difficultés que rencontrent les géologues, assez grandes déjà par elles-mêmes, ne soient encore aggravées et prolongées par l'impossibilité de mettre en pleine lumière devant chacun toutes les convictions, toutes les idées des géologues français, anglais, allemands, italiens, espagnols, hongrois, russes, qui parlent, qui pensent avec des différences radicales.

Nous tentons là, Messieurs, un noble effort contre la confusion du temps passé. Tâchons de le mener à bien, mais agissons sans impatience : il nous faut, pour arriver au but, beaucoup de temps, beaucoup de correspondance et beaucoup de congrès. Avec la patience et la ténacité, toutes choses peuvent se

rectifier, même la nomenclature et les classifications géologiques. (Applaudissements répétés.)

TABLEAU

DE LA FLORE CARBONIFÈRE SUPÉRIEURE D'AMÉRIQUE

DANS SES RAPPORTS AVEC LA FLORE PERMIENNE D'EUROPE.

		Upper barren measures. Virg^ie occ^le et Pensylv^ie.	Coal measures des États-Unis.	Permien d'Europe.
Equisetides...	rugosus	+	+	+
	elongatus	+		
	striatus	+		
Calamites Suckowii		+	+	+
Nematophyllum angustum		+		
Sphenophyllum	latifolium	+		
	densifoliatum	+		
	filiculmis	+	+	
	tenuifolium	+		
	longifolium	+		+
	oblongifolium	+		
Annularia	calamitoides	+	+	+
	longifolia	+	+	+
	sphenophylloides	+	+	+
	radiata	+		+
	minuta	+		+
Sphenopteris	acrocarpa	+	....	Voisine des S. oxydata et S. lyratifolia.
	coriacea	+		
	dentata	+		
	auriculata	+		
	minutisecta	+		
	foliosa	+		
	Lescuriana	+		
	pachynervis	+		
	hastata	+		
Psygmatopteris.	grandis	+		
	adiantoides	+		
Baiera furcata		+		
Neuropterias	hirsuta	+	+	
	flexuosa	+	+	+
	flexuosa longifolia	+		
	dictyopteroides	+		
	auriculata	+	+	+
	odontopteroides	+		
	fimbriata	+	+	
	cordata	+	+	+
Odontopteris	obtusiloba	+		
	nervosa	+		
	pachyderma	+		
	densifolia	+		
Callipteris conferta		+		+
Callipteridium.	Dawsonianum	+		
	oblongifolium	+		
	grandifolium	+		
	odontopteroides	+		
	unitum	+		

		Upper barren measures, Virg^ie occid^le et Pensylv^ie.	Coal measures des États-Unis.	Permien d'Europe.
Pecopteris....	arborescens.....	+	+	+
	Candolleana.....	+	+	+
	elliptica.....	+	+?	
	oreopteroides....	+	+	+
	pennæformis latifolia.....	+		
	Miltoni.....	+	+	+
	dentata.....	+	+	+
	arborescens integripinna.....	+		
	pteroides.....	+	+	+
	Pluckeneti.....	+	+	+
	Pluckeneti constricta.....	+		
	notata.....	+	+	
	Germari.....	+		+
	Germari crassinervis.....	+		
	cuspidata.....	+		
	obliqua.....	+		
	rarinervis.....	+		
	imbricata.....	+		
	asplenoides.....	+		
	rotundifolia.....	+		
	platynervis.....	+		
	rotundiloba.....	+		
	Schimperiana....	+		
	pachypteroides....	+		
	angustipinna.....	+		
	Heeriana.....	+		
	tenuinervis.....	+		
	merianopteroides..	+		
	ovoides.....	+		
	lanceolata.....	+		
	latifolia.....	+		
	inclinata.....	+		
	goniopteroides....	+		
Goniopteris...	emarginata.....	+	+	+
	elegans.....	+	+?	+
	arguta.....	+	+?	
	longifolia.....	+		+
	elliptica.....	+		
	oblonga.....	+		
	Newberryana....	+		
Cymoglossa...	obtusifolia.....	+		
	breviloba.....	+		
	formosa.....	+		
	lobata.....	+		
Alethoptheris..	Virginiana.....	+		
	gigas.....	+		+
	Lescuriana.....	+		Voisine du T. multinervis (Weis.).
Tainiopteris...	Newberryana....	+		Voisine du T. Vittata (Brongt.).

		Upper barren measures, Virg^ie occid^le et Pensylv^ie.	Coal measures des États-Unis.	Permien d'Europe.
Rhacophyllum.	lactæum	+	+	
	filiciforme	+		+
	laciniatum	+		
	speciosissimum	+		
Caulopteris	elliptica	+		Alliée au C. macrodiscus.
	gigantea	+		
Sigillaria	approximata	+		
	Brardii	+		+
Cordaites crassinervis		+		
Rhabdocarpus oblongatus		+		
Carpolithes	bicarpa	+		
	marginata	+		
Guilielmites orbicularis		+		
Nombre des espèces		107	23	27

M. le Président. La parole est à M. Hébert.

M. Hébert. Messieurs, permettez-moi de remercier en votre nom M. le professeur Lesley des sages conseils et des espérances qu'il vient de nous exprimer.

Permettez-moi aussi de nous féliciter de l'importante nouvelle géologique qu'il vient de nous communiquer.

On n'avait jusqu'ici que fort peu de données sur le terrain permien [1] d'Amérique, et ces données ne semblaient pas très satisfaisantes. On avait signalé en plusieurs points un mélange complet de la faune ou de la flore carbonifère, avec celles du terrain permien d'Europe. Les observations dont M. le professeur Lesley vient de rendre un compte si clair, prouvent qu'au moins en Pensylvanie il n'en est rien; et que là comme en Europe, les deux faunes sont très distinctes: pas une espèce de mollusques ne passe des couches carbonifères aux couches supérieures, et sur 107 espèces de la flore, 27 appartiennent au permien d'Europe, et 7 seulement sont des formes carbonifères.

On ne saurait demander une plus belle preuve de la grande extension des horizons paléontologiques et du synchronisme des faunes et des flores semblables.

Il est à remarquer que ce changement si considérable dans la vie des animaux et des végétaux n'a été accompagné d'aucune modification notable dans la nature et la disposition des sédiments. Le système permien renferme même de petites couches de houille; il débute cependant par un puissant conglomérat, formation littorale qui marque le rivage de la mer permienne.

[1] J'appelle l'attention des membres du Congrès sur la question du maintien de ce nom de *Permien* ou du rétablissement de celui bien plus ancien de *Pénéen*. Ce nom a été donné par d'Omalius, en 1822, à un groupe d'assises dont la nature et la succession étaient établies en Allemagne depuis fort longtemps de la manière la plus précise, et dont l'extension peut être suivie à de grandes distances en France, en Angleterre, etc. Est-il juste de le supprimer? Y a-t-il une seule bonne raison pour lui substituer le terme *Permien*?

Ainsi, quelles que soient la concordance des couches et la continuité apparente de la sédimentation, la paléontologie est toujours là pour indiquer les limites des époques géologiques; et les résultats obtenus par les géologues de Pensylvanie nous montrent la netteté de ces limites entre deux terrains que, dans plusieurs régions de l'Amérique du Nord, on croyait confondus, réunis en un seul.

M. Lesley (États-Unis). Messieurs, je remercie M. Hébert des paroles bienveillantes qu'il vient d'adresser aux géologues de mon pays. Ce n'est pas moi qui ai rendu ce service à la science géologique, ce sont des professeurs jeunes encore, MM. Lafontaine et White. (Applaudissements.)

M. le Président. L'ordre du jour amène maintenant une communication de M. Vélain sur les phénomènes geysériens dans le trias du Morvan.

LIMITES DU TRIAS ET DU LIAS DANS LE MORVAN.

M. Ch. Vélain. La délimitation des divers termes de la classification des terrains constitue une des questions les plus importantes de la géologie; c'est en même temps une de celles qui ont toujours été soumises aux plus vives controverses, et les savantes discussions auxquelles nous venons d'assister nous en ont encore fourni plus d'un exemple.

C'est qu'en effet toutes ces divisions, destinées sans doute à faciliter l'étude, ne représentent pas des unités de temps, mais ne sont, en réalité, que des groupements plus ou moins artificiels, nécessaires à une classification générale, et dont les limites sont susceptibles de varier avec les découvertes nouvelles.

Il importe donc de signaler tous les phénomènes généraux qui peuvent donner un peu plus de fixité à celles de ces limites qui sont vacillantes et incertaines.

Nous venons de voir avec MM. Sterry Hunt et Barrande comment doivent être définis les premiers étages des terrains primordiaux; M. de Moeller nous a fait connaître la composition du carbonifère en Russie; enfin, avec M. Lesley, nous avons vu quels sont, en Amérique, les termes qui doivent se rapporter au terrain permien ou au terrain carbonifère, quelles sont les limites entre ces deux époques si différemment appréciées. Permettez-moi de faire encore un pas plus en avant dans la série des temps géologiques et de vous parler des dépôts placés aux confins du trias et du terrain jurassique, pour arriver à la délimitation, si souvent controversée, de ces deux nouvelles époques.

Sans vouloir rapporter ici toutes les discussions relatives à la zone à *Avicula contorta*, objet de tant d'appréciations contradictoires, je désire appuyer ici l'opinion de ceux qui, séparant complètement cet horizon du trias, en forment la base du terrain jurassique, mais sans pour cela lui reconnaître une indépendance spéciale, et la rattachent alors au grand système du lias.

Des observations récentes faites dans le Morvan m'ont amené à la connaissance de faits qui peuvent jeter quelque jour sur cette question; je demande dès lors à les soumettre au Congrès.

Dans toute cette région de la France, on s'accorde pour placer à la limite des

deux formations une catégorie de roches dont la nature, l'origine et l'âge ont été pendant bien longtemps très discutés.

Ces roches, composées de silice calcédonieuse absolument pure ou seulement mélangée à des arènes granitiques, apparaissent au travers des argiles keupériennes de la région, ou le plus souvent se montrent directement appliquées sur le granit; on les a jusqu'ici improprement désignées sous le nom d'*arkoses*, en les confondant de la sorte avec des roches de composition et d'âge bien différents.

C'est assurément dans cette confusion regrettable qu'il faut voir l'origine des discussions nombreuses qui pendant si longtemps s'élevèrent, sans résultat, au sujet de leur position et amenèrent en dernier lieu M. de Bonnard à constituer, pour réunir ces diverses parties hétérogènes, un *terrain d'arkose*, détournant ainsi ce nom de sa signification primitive, pour lui attribuer un sens géognostique.

Ce terme d'arkose avait été proposé en 1823 par Brongniart (*Dict. des sc. nat.*), pour distinguer des psammites une roche arénacée, composée essentiellement de grains de quartz hyalin, mélangés de quelques parties, plus rares, de mica et de feldspath plus ou moins décomposé, et dont le principal caractère était son mode d'agrégation mécanique; c'était, en d'autres termes, un granit régénéré. Ainsi définie, cette roche ne pouvait avoir d'âge déterminé : il est de toute évidence qu'elle avait dû se former chaque fois que des eaux étaient venues battre directement un rivage granitique.

Sa composition, son mode d'origine et de formation étaient ainsi fixés d'une façon bien précise.

Tout autres sont les roches siliceuses de la Bourgogne qui se rapportent à une origine chimique et sont dues à de puissantes émissions de silice qui se sont fait jour, sur les bords du Morvan, à une époque que nous déterminerons plus loin, et qui ne sont nullement en rapport avec les véritables *arkoses* de la région, d'origine sédimentaire, avec lesquelles on les a confondues.

La raison de cette confusion vient de ce fait que souvent les masses de calcédoine en question, amenées en dissolution par des eaux thermales au travers des roches granitiques, en ont empâté des débris qu'elles ont entraînés fort loin; ou le plus souvent encore, en s'épanchant directement à la surface de ces mêmes roches, elles en ont imprégné sur de vastes étendues les parties supérieures qui se trouvaient réduites à l'état d'arène.

Il en est résulté, en ces points de contact, une roche comprenant les éléments du granit, non plus réunis et agrégés à la manière du grès, mais enveloppés dans le silex et de plus associés à des minéraux divers : baryte, fluorine, galène, pyrite, etc., qui forment le cortège habituel de son émission.

Ces parties d'ailleurs ne sont qu'accidentelles; le plus souvent les masses calcédonieuses se présentent, soit à l'état de filons, soit en nappes étendues, absolument pures et n'ayant plus, par conséquent, avec l'arkose le moindre point de rapprochement.

Si on a mal dénommé ces roches siliceuses, on ne s'est pas mépris sur la nature du phénomène qui les a produites; mais il n'en est pas de même de leur âge, par suite de la confusion qui en avait été faite avec les *arkoses vraies*,

qui, dans la région, sont toutes nettement triasiques, inférieures ou subordonnées aux marnes irisées.

En réalité, leurs émissions se sont répétées à diverses époques; leur début et leur maximum viennent se placer au sommet du dépôt des marnes irisées et marquent ainsi la fin du trias dans le Morvan.

Les tranchées établies dans les environs de Corbigny, sur la bordure occidentale de ce massif, pour la construction d'une nouvelle voie ferrée (Cercy-la-Tour à Clamecy), ont placé le fait en parfaite évidence, en mettant au jour, sur une longueur de près d'un kilomètre, un des principaux centres d'émission de ces sources.

Là, en effet, sur plus d'un kilomètre de développement on peut observer au travers du granit et des argiles keupériennes qui le recouvrent, des masses énormes de silice calcédonieuse, tantôt compacte et même jaspoïde, tantôt caverneuse et meuliériforme, disposées à la manière de dykes ou de filons, aboutissant à des épanchements en nappe, qui semblent représenter les anciennes cheminées de ces sources geysériennes.

Les argiles bariolées qui accompagnent ces masses siliceuses et qui elles-mêmes pourraient être rapportées à la même origine éruptive, sont ensuite couronnées par un véritable manteau de calcédoine, qui s'est étendu à leur surface à la manière d'une coulée de lavé, et c'est alors qu'on observe sur cette nappe des grès compacts qui dépendent de la zone à *Avicula contorta* et en contiennent la faune. L'âge de ces premières émissions siliceuses est ainsi déterminé par le fait même de cette superposition; et ce n'est pas le seul point dans la région où on puisse l'observer.

Ces véritables éruptions de silice qui marquent la fin du trias, ne se sont pas taries avec cette époque; en beaucoup d'endroits elles ont continué à jouer pendant les dépôts de l'infralias et même du lias, silicifiant les roches ailleurs calcaires qui dépendent de ces horizons. C'est au lias moyen que ces actions, après des intermittences diverses, ont cessé définitivement.

Elles ont ainsi coïncidé avec le mouvement d'affaissement Sud-Ouest-Nord-Est, qui, vers la fin du trias, s'est manifesté dans le Morvan, pour se continuer pendant toute la durée du lias, ainsi qu'en témoigne la disposition des dépôts de cette époque qui se superposent en stratification transgressive et se dépassent successivement en pénétrant de plus en plus dans l'intérieur du massif éruptif.

C'est de la sorte qu'en des points nombreux de sa bordure septentrionale ou occidentale, dans l'Avallonais notamment, sur les rives du Cousin et de la Cure, les lumachelles à cardinies de la zone à *A. planorbis* sont partiellement silicifiées; il en est de même en quelques points pour les calcaires marneux de la zone suivante à *A. angulatus*, quoique le phénomène y soit moins net et dénote un certain ralentissement dans cette activité chimique, tandis qu'une recrudescence marquée se manifeste au moment du dépôt des calcaires à *G. arcuata*. On peut en juger d'après les parties silicifiées nombreuses qu'on en observe sur les rives du Serein, du Cousin et de la Cure, et qu'on retrouve encore dans l'intérieur du massif éruptif, jusque sur les hauts plateaux, à des altitudes qui dépassent 600 mètres, où cette silicification les a préservés en leur permettant de résister aux érosions, comme l'a depuis

longtemps fait remarquer un des géologues à qui l'on doit la meilleure description géologique de cette région, M. Collenot.

Deux phénomènes concomitants, d'une importance stratigraphique considérable, se sont donc produits là, au début de la période jurassique : affaissement lent et progressif du massif ancien primitivement émergé, et production simultanée de tout un système de fentes et de fractures qui livrèrent passage, par voie hydrothermale, à de véritables éruptions de silice.

Les premiers empiétements de la mer jurassique sur le Morvan ont laissé sur toute la bordure orientale une série de dépôts gréseux (grès grossiers, roussâtres, et petits poudingues uniquement quartzeux, faussement encore dénommés arkoses), caractérisés par la présence de l'*Avicula contorta*, escortée de sa faune habituelle. Ces dépôts, franchement littoraux, aussi distincts que possible et par leur disposition et par leurs caractères pétrographiques des argiles du keuper dont les lagunes ont à peine effleuré le massif, se relient, au contraire, d'une façon absolue avec les lumachelles à cardinies avec *Am. planorbis* qui lui sont immédiatement superposées.

Les mêmes liaisons étroites sont à signaler entre ces lumachelles et les calcaires marneux à *Am. angulatus* qui les recouvrent. Ces trois zones de l'infralias forment là un ensemble compact et bien homogène dont il serait impossible de distraire un terme sans en détruire l'harmonie.

Il est évident qu'ils ont dû se former dans les mêmes eaux dont ils représentent les dépôts successifs. Tandis qu'ils se différencient ainsi nettement des maigres représentants du trias dans la région, toutes leurs relations sont avec le calcaire à gryphées arquées qui leur succède et qui ne représente, lui-même, qu'une phase nouvelle des dépôts de la même mer.

Les coupes qui donnent en superposition directe ces divers horizons fossilifères, présentent tous les caractères d'une grande continuité, et montrent clairement que tous ces sédiments se sont formés sans interruption; c'est par une série de transitions ménagées qu'on passe ainsi des assises gréseuses de l'*A. contorta* aux roches calcaires à *G. arcuata*.

A ces rapprochements, d'un ordre purement stratigraphique, viennent s'ajouter ceux tirés de la paléontologie. Déjà M. Martin, en 1865 (*Mém. de l'Acad. de Dijon*, t. XII), a signalé les grandes analogies paléontologiques présentées par la zone de l'*Avicula contorta*, dans la Bourgogne, avec le lias dont elle renferme les formes les plus caractéristiques. A la liste des espèces communes entre ces deux horizons qu'il a citées, je pourrais faire de nombreuses additions. Mais en même temps qu'il reconnaissait les relations de cette zone avec le jurassique, il lui attribuait une indépendance spéciale et proposait de l'isoler sous le nom d'étage rhétien.

Cette séparation ne me semble pas justifiée; si l'on veut séparer cette zone du lias et lui donner la valeur d'un étage pour en former le premier terme de la série jurassique, il faut de toute nécessité lui associer les deux zones à *Am. planorbis* et *Am. angulatus* qui l'ont suivie et qui font corps avec elle, au point de ne pouvoir s'en dégager.

Ce sont là du moins les conclusions qui m'ont été imposées par les observations que je viens de faire dans le Morvan. (Applaudissements.)

M. Michel-Lévy. Je vous demande la permission, Messieurs, de présenter quelques observations sur la communication de M. Vélain.

Les émissions de silice qui viennent d'être signalées, n'ont pas épuisé leurs manifestations dans les terrains stratifiés qui bordent le Morvan. Ils constituent dans les terrains éruptifs de la même région de puissants filons qui ne le cèdent en rien aux filons similaires de la Saxe ou du plateau central; tels d'entre eux forment des murs crénelés qui ont jusqu'à 40 mètres de haut sur 400 mètres de longueur. Quand on s'astreint à les suivre, on reconnaît que certains d'entre eux correspondent à des faisceaux de fractures rectilignes qui ont plus de 30 kilomètres de longueur.

Leurs alignements peuvent se grouper en deux systèmes bien nets : l'un qui oscille entre N. 60° E. et N. 70° E., l'autre entre N. 130° E. et N. 150° E. On voit que le système Nord-Est est à peu près perpendiculaire au système Nord-Ouest.

Le plus important des faisceaux Nord-Est part de Mary, petit hameau de la Couronne de Sémélay, à l'est de Saint-Honoré, où il constitue de puissants affleurements de quartz blanc corné ou saccharoïde. Il traverse les couches carbonifères calcaro-schisteuses de Champrobert et s'y charge de barytine, de manganèse et de pyrite. Ce dernier minéral y est recherché en ce moment par des travaux de mine; c'est à son oxydation qu'est dû le minerai de fer que le Creusot y a fait exploiter pendant longtemps. Le même faisceau se continue par les rochers de Glaine et de la Boula, puis il vient se heurter aux filons Nord-Ouest de la Petite-Verrière où l'on exploite leur remplissage de fluorine.

Les fractures Nord-Est sont encore reconnaissables plus loin; elles constituent les failles qui ont soulevé et pincé, au milieu des porphyres, les lambeaux de permien inférieur (équivalent à la couche du Grand-Moloy) que l'on rencontre près de la Selle, des Pelletiers et de Reclesnes.

C'est, à proprement parler, au système Nord-Ouest-Sud-Est de cassures que nous venons de mentionner, qu'Élie de Beaumont a assigné le nom de *Système du Morvan ou du Thuringerwald.* Il n'a cependant pas produit aux abords du Morvan une discordance de stratification sensible entre les marnes irisées et le lias, tandis que le système Nord-Est-Sud-Ouest, dont nous avons parlé plus haut, se comporte comme la réouverture d'un système de montagnes plus ancien, qui a été accompagné à deux reprises de plissements énergiques avec discordance de stratification indubitable.

Nous terminerons en insistant sur l'âge de ces différents mouvements Nord-Est-Sud-Ouest, dont la carte géologique du Morvan porte au plus haut degré l'empreinte. Elle montre, en effet, du Nord au Sud, une série de zones de composition variée, toutes parallèles les unes aux autres et à cette grande direction, qui mérite réellement le nom de système du Morvan. C'est, d'abord, tout au Nord, entre Avallon et Semur, une première bande de granulite à mica blanc, puis la zone des gneiss gris de Chastellux, ensuite celle du granit porphyroïde de Lormes à Saulieu.

Cette dernière zone est crevée par les éruptions de porphyre noir (porphyrite) et de porphyre quartzifère. Elle disparaît vers Château-Chinon sous les lambeaux de terrain carbonifère disloqué et relevé, dans lequel est creusé le vaste bassin houiller et permien d'Autun, dont l'axe reproduit encore la même

direction. Puis vient une nouvelle bande de granulite qui sépare le bassin d'Autun de celui du Creusot et de Blanzy. Enfin, aux abords de ce dernier, le granit porphyroïde reparaît et en forme la cuvette.

Cette disposition zonée présente des coupes naturelles dans lesquelles on peut saisir deux puissantes discordances de stratification : la première entre le terrain houiller inférieur ou carbonifère, et les couches houillères supérieures d'Épinac; la seconde entre le permien d'Autun et le trias du plateau d'Antully. Nous négligeons à dessein les discordances de stratification par transgressivité pour nous en tenir aux grandes lignes. Mais nous ne pouvons nous empêcher de signaler ici, en terminant, le contraste qui existe entre cette description sommaire du terrain carbonifère du Morvan et le calme qui, d'après M. de Moeller, paraît avoir présidé au dépôt de tout ce terrain en Russie. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. le professeur Malaise.

SUR QUELQUES FOSSILES CAMBRIENS DE LA BELGIQUE.

M. Malaise (Belgique). L'attention du Congrès vient d'être appelée sur les formations paléozoïques nommées siluriennes, cambriennes, etc., par les intéressantes communications de MM. J. Barrande, James Hall et Sterry Hunt. Je crois utile d'entretenir également le Congrès de la découverte en Belgique de quelques fossiles de la faune primordiale, ces observations étant de nature à fournir des éléments pour établir le synchronisme des formations précitées sur des points très distants.

On trouve, dans le Brabant et sur la rive droite de la Sambre, des formations primaires qui peuvent, au moins en partie, être rapportées au silurien. On a rencontré, dans quelques-unes de ces couches, des fossiles caractéristiques de la faune seconde de M. J. Barrande. Mes recherches personnelles m'y ont fait découvrir cinquante-deux espèces que j'ai décrites. J'espère prochainement faire connaître à peu près autant d'espèces nouvelles pour la Belgique.

Le terrain, nommé ardennais par Dumont, paraît devoir être rapporté au terrain cambrien. En effet, dans ces derniers temps, on y a découvert quelques espèces de la faune primordiale : *Oldhamia radiata*, Forbes; *Dictyonema sociale*, Salt; *Eophyton Linneanum*, Torr; *Lingula*, sp.

Oldhamia radiata a d'abord été rencontré en un point, à Grand-Halleux, dans le massif de Stavelot, par M. le professeur G. Dewalque. J'ai eu l'occasion de retrouver la même espèce dans plusieurs points de la même localité [1].

J'ai signalé *Dictyonema sociale* dans différents points des environs de Spa, du même massif de Stavelot [2].

Eophyton Linneanum a été trouvé par M. le professeur G. Dewalque aux environs de Stavelot, et par moi près de Jalhay.

[1] M. Jannel a trouvé le même *Oldhamia radiata* à Haybes (France), dans le massif cambrien de Rocroy.

[2] J'ai ramassé un *Dictyonema* appartenant très probablement à la même espèce dans des phyllades noirs, à Deville (France).

J'ai découvert plus récemment des *Lingula*, à Lierneux.

Oldhamia radiata caractérise certaines couches cambriennes d'Irlande et du pays de Galles. *Dictyonema sociale* se trouve dans le *Lingula-Flags* du pays de Galles, et *Eophyton Linneanum* dans les grès à fucoïdes de la Suède.

Les recherches géologiques démontrent donc, en Belgique, l'existence du cambrien ou de la faune primordiale dans les Ardennes, celle du silurien et de la faune seconde en Brabant et dans la bande qui se trouve au voisinage de la Sambre, et probablement aussi l'existence du silurien à faune troisième dans cette dernière bande.

L'étude, dans les diverses contrées, des formations désignées sous les noms de silurien, cambrien, huronien, laurentien, etc., y a fait reconnaître différents niveaux. Des noms divers, qui ont été donnés à ces différentes subdivisions, désignent très probablement, dans beaucoup de cas, des couches identiques ou analogues.

On commence à retrouver, dans les couches à faune primordiale du pays de Galles, les nombreuses sous-divisions observées en Amérique. Les espèces primordiales de la Belgique et celles de la faune silurienne seconde du même pays présentent une grande somme d'analogies avec celles du pays de Galles. Il est permis d'espérer que l'on trouvera plus tard des faits qui permettront d'établir les relations qui existent entre les couches des Ardennes et celles du pays de Galles, de l'Amérique et des autres pays où les faunes primordiales, etc. ont été reconnues. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Almera.

M. Almera (Espagne) expose l'utilité que présenterait une **Réimpression méthodique de tous les ouvrages de paléontologie.** Suivant l'orateur, en réunissant ainsi, dans un vaste répertoire, tous les renseignements connus, on simplifierait les recherches qui doivent embrasser aujourd'hui une si grande variété de documents. En outre, on aurait ainsi le moyen, et même l'obligation d'établir une synonymie exacte et de débarrasser la science d'un trop grand nombre de termes inutiles.

M. le professeur Vilanova (Espagne). Je crois qu'il n'est pas besoin d'insister beaucoup, après avoir entendu tant d'hommes éminents, pour faire sentir le besoin d'arriver à la formation d'une langue uniforme. Nous ne nous entendons pas lorsque nous parlons de terrains, de roches, de fossiles, etc. Je crois que cette divergence est la preuve la plus convaincante de la nécessité de fixer le langage en adoptant les moyens que le Congrès jugera convenable de choisir. (Applaudissements.)

M. le Président. L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

La séance est levée à quatre heures vingt minutes.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. CAPELLINI, PUIS DE M. DE MOELLER,

Assistés de MM. Hébert, Stephanesco, A. Favre, Vilanova, Gaudry.

Sommaire. — Dons. — **Valeur respective des faunes et des flores au point de vue de la délimitation des terrains.** — Communications : Relations des niveaux de vertébrés éteints en Amérique et en Europe, par M. Cope. — Observations de MM. Gaudry et Matheron. — De la synonymie des espèces au point de vue du droit de priorité, par M. Gosselet. — Observations de M. Jannettaz. — Amorphozoaires du terrain silurien inférieur de Bretagne, par M. Marie Rouault. — Classification des terrains quaternaires, par M. de Mortillet. — Observations de MM. Favre, Reboux et de Rosemont. — Origine des dunes maritimes des Pays-Bas, par M. Winkler. — Rôle de l'infiltration des eaux météoriques dans l'altération des roches, par M. Vanden Broeck. — Observations de M. Buvignier. — Carte géologique des États-Unis, par M. W.-P. Blake. — Mélange d'horizons stratigraphiques par suite des mouvements du sol; colonies dans le terrain jurassique français, par M. Choffat. — Observations de MM. Renevier et Gosselet — Formations tertiaires du Portugal, par M. le colonel Ribeiro. — Observations de M. Tournouër.

La séance est ouverte à deux heures.

M. le Président. La parole est à M. Hébert.

M. Hébert. Messieurs, le Gouvernement russe offre à chacun des membres du Congrès les ouvrages suivants :

1° *Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe*, publié par le Département des mines du ministère du domaine de l'État ;

2° *Les richesses minérales du Turkestan russe*, par J. Mouchkétoff ;

3° *Tableaux statistiques de l'industrie des mines en Russie*, par C. Skalkovsky ;

4° *Carte minière de la Russie d'Europe*, dressée par V. de Moeller.

Je me fais votre interprète, Messieurs, pour prier M. le professeur de Moeller de transmettre à son Gouvernement les remerciements du Congrès. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Cope dont les beaux travaux sur les vertébrés éteints dans l'Amérique du Nord ont été si justement appréciés.

SUR LES RELATIONS DES NIVEAUX DE VERTÉBRÉS ÉTEINTS DANS L'AMÉRIQUE DU NORD ET EN EUROPE.

M. Cope (États-Unis). L'histoire du développement de la vie, sur chaque partie de la surface du globe, est féconde en matières dignes d'examen. Elle nous montre une série de faunes se succédant l'une à l'autre, qui, dans de nombreux cas, commencent sans avoir été annoncées par les formes des périodes plus anciennes, et qui disparaissent sans laisser de représentants dans les époques plus récentes. A l'aide de bases abondamment fournies par les faits naturels, dans la partie la plus explorée et la plus connue de la terre, l'Europe, nous portons nos investigations dans d'autres contrées, avec l'espoir d'éclairer de plus en plus un sujet si plein de mystère. Les types organiques sont-ils originaires d'un centre spécial à partir duquel ils se seraient disséminés, et dans ce cas, chaque forme a-t-elle sa région propre d'origine? Ou bien les mêmes types de structure générique ont-ils apparu indépendamment en divers points de la surface de la terre, et alors sont-ils contemporains ou d'époques différentes?

Pour résoudre ces questions et d'autres similaires, nous comparerons naturellement les faits déjà établis aux observations plus récentes, faites dans d'autres régions. A cet égard, aucune partie du monde ne promet plus de résultats que l'Amérique. Ce dernier continent étant séparé de l'autre par une immense étendue d'eau, il est à présumer que la faune en est tout autre. Si les espèces ont des origines indépendantes, l'étude de la paléontologie américaine nous en fournira les preuves évidentes; si elles se sont graduellement modifiées, l'Amérique devra encore nous en présenter les faunes intermédiaires.

L'identification des types génériques de vertébrés, dans l'Amérique septentrionale, est maintenant assez avancée pour permettre de telles comparaisons; quoique cette étude soit encore dans l'enfance, les pages suivantes montreront le tribut important qu'elle apporte déjà à nos connaissances. Les comparaisons qui font le sujet de ce rapport, ont pour point de départ le terrain houiller et les *batraciens* de cette période. A l'examen des poissons paléozoïques, je n'ai pas encore donné toute l'attention nécessaire, et je renvoie aux articles de M. Newberry, pour plusieurs identifications importantes des genres communs aux deux continents.

La structure des batraciens existant dans les couches houillères n'est pas encore suffisamment connue pour permettre les plus exactes comparaisons; mais on en peut conclure le parallélisme, sinon l'identité de genres tels que l'*Oestocephalus* et le *Ceraterpeton* de l'Ohio, rapprochés de l'*Urocordylus* et du *Ceraterpeton* de la Grande-Bretagne.

La faune des vertébrés permiens que j'ai découverts dans l'Illinois et le Texas met en évidence le parallélisme, mais non encore l'identité générique sur les deux continents. Ainsi le *Clepsydrops* et le *Dimetrodon* américains se rapprochent du *Deuterosaurus* de Perm en Russie, et du *Lycosaurus* des montagnes de l'Afrique australe. Le genre *Procolophon* d'Owen, trouvé dans le

Tafelberg africain, a peut-être son équivalent au Texas, dans les espèces que j'ai rapportées au *Pariotichus*. Les humérus des types découverts par Kutorga en Russie, et par Owen dans le Sud de l'Afrique, se retrouvent dans l'Amérique du Nord, et ces mêmes types remarquables ont été récemment reconnus par M. Gaudry en France. Le type particulier de *Ganocephala*, décrit par moi sous le nom de *Rhachitomus* du Texas, a encore été découvert en France par M. Gaudry. Les observations actuelles indiquent qu'une étroite ressemblance sera établie entre les faunes permiennes, en Europe et en Amérique. Néanmoins, quant à présent, aucun équivalent des remarquables formes américaines de *Diadectes*, d'*Empedocles*, de *Bolosaurus* et de *Cricotus*, n'a encore été trouvé sur un autre continent.

Quant à la faune triasique, elle diffère de la faune permienne en ce qu'elle est mieux connue en Europe qu'en Amérique. Comme le trias marin est peu développé chez nous, la faune des vertébrés du Muschelkalk n'a pas été découverte dans nos contrées. Il en est autrement du Keuper. Le genre caractéristique de cette époque (*Belodon*) existait en Amérique, et le parallélisme, sinon l'identité, se retrouve dans les genres *Thecodontosaurus* et *Palæosaurus*, connus en Amérique seulement par des dents. Les reptiles sont accompagnés, dans l'Amérique du Nord comme en Europe, par les *Batraciens stégocéphales*, principalement par les Labyrinthodontes; mais leurs affinités génériques sont encore inconnues.

Les grandes faunes jurassiques sont aussi représentées, mais jusqu'ici d'une manière éparse, dans la paléontologie américaine. Les vertébrés marins du lias sont, ou inconnus, ou représentés par les identifications rares et douteuses d'insuffisants fragments. Nous ne connaissons encore, dans l'Amérique du Nord, aucun dépôt contenant les reptiles caractéristiques des genres *Plesiosaure*, *Ichthyosaure*, *Pliosaure* et *Dimorphodon*, ou les poissons *Dapedidés*. Cette formation, si importante en Europe, est entièrement inconnue dans l'Amérique du Nord. Des fossiles, un peu plus nombreux dans la région des Montagnes Rocheuses, représentent l'oolithe, particulièrement l'oolithe supérieure. Tandis que le *Teleosaurus* et le *Steneosaurus* ainsi que leurs congénères n'ont pas encore été trouvés dans les couches de l'Amérique du Nord, certaines assises du Colorado ont offert un genre qu'on ne peut distinguer du *Megalosaurus*. Il n'y a pas de doute que ce genre n'ait été identifié de ladite oolithe, en Angleterre. De ces mêmes lits des Montagnes Rocheuses, viennent des genres très voisins de celui qui, dans l'oolithe d'Angleterre (*forest marble*), est appelé, par Phillips, *Ceteosaurus*, et aussi du genre qui, dans les marnes oxfordiennes d'Honfleur, a été nommé par Von Mayer *Streptospondylus*. Au delà, aucune comparaison ne peut être faite; aussi passons-nous à la riche faune du kimméridien.

L'Amérique ne peut nous montrer les vestiges de cette époque avec la richesse qu'ils ont en Europe. Nous n'avons ni l'*Archæopteryx*, ni le *Rhamphorhynchus*, ni le *Pterodactylus*, non plus que les *Leptolepis*, les *Thrissops*, ni aucun des nombreux poissons de Solenhofen. L'*Omosaurus* a néanmoins de proches parents dans les couches à *Camarasaurus*, dans l'*Hypsirhophus* des montagnes Rocheuses. La faune du Weald d'Europe est partiellement représentée dans les assises des

Montagnes Rocheuses, mélangée aux types de l'oolithe de Kimmeridge déjà cités. On peut ainsi exposer les rapports de cette faune avec les séries de l'Europe jurassique :

AMÉRIQUE. — COUCHES À CAMARASAURUS.	EUROPE. — WEALD.
	Iguanodon.
? *Hypsilophodon.*	*Hypsilophodon.*
	Hylæosaurus.
? *Ceteosaurus.*	*Ceteosaurus.*
Camarasaurus.	*Ornithopsis* [1].
Amphicoelias.	
? *Goniopholis.*	*Goniopholis.*
Hypsirhophus.	
	KIMMERIDGE.
	Omosaurus.
Caulodon.	? *Caulodon* [2].
	OXFORD.
Epanterias.	*Streptospondylus.*
	OOLITHE.
	Ceteosaurus.
? *Megalosaurus.*	*Megalosaurus.*

On voit, d'après le tableau qui précède, combien il est difficile de mettre en parallèle, pour le moment, les niveaux indiqués dans les deux continents. Tout ce qu'on peut dire, c'est que beaucoup de types, ressemblant [3] de très près à ceux des différents horizons de l'Europe jurassique, ont vécu simultanément, ou à peu près, dans la région des Montagnes Rocheuses.

L'état des découvertes actuelles atteste que la faune crétacée de l'Amérique septentrionale était la plus riche en vertébrés à sang froid. La mer intérieure de ce continent s'est approfondie depuis le commencement de la période jusqu'à l'époque de Niobrara, puis le mouvement inverse s'est graduellement opéré, jusqu'à ce que le soulèvement du fond amenât la division des eaux. En somme, les transformations de cette grande période avaient abouti à former un labyrinthe de lagunes et de lacs d'eau douce, dont les dépôts ont donné naissance aux couches qui ont été appelées, par le Dr Hayden, le laramien.

La faune des mers profondes, c'est-à-dire de l'époque de Niobrara, est la mieux connue. Ici, les débris de *Pythonomorphes* constituent son caractère, tandis que l'*Elasmosaurus*, le *Polycotylus* avec quelques autres espèces seulement, représentent les nombreux *Sauropterygées* d'Europe. Des crocodiles ont été trouvés dans les gisements inférieurs, tandis que des tortues apparaissent dans les alluvions moyennes. La faune des poissons est très riche et très variée. Là, les *Saurodontidées*, comme la famille des *Rudistes* parmi les mollusques, paraissent et disparaissent aussitôt, accompagnés par une forme spéciale, l'*Erisichthe*, et par la famille des *Stratodontidées*. Les genres du mont Liban,

[1] *Chondrosteosaurus*, Owen.

[2] *Iguanodon præcursor*, Sauvage.

[3] Le professeur Owen a démontré quelle affinité existe entre l'*Ornithopsis* et le *Camarosaurus*; d'après lui, ces genres sont identiques, mais les apophyses des vertèbres dorsales antérieures sont très différentes.

Leptotrachelus et *Spaniodon*, se rencontrent dans ces couches au Dakota; mais le parallélisme le plus étroit est celui qui existe avec les couches de la craie blanche inférieure, avec le turonien de l'Europe occidentale. Le *facies* général de la faune des reptiles est le même que pour la craie inférieure d'Europe : et il n'y a guère de doute que plusieurs genres ne soient identiques sur les deux continents; exemple: l'*Elasmosaurus*. Ce qui caractérise la craie d'Amérique, c'est l'abondance des formes, quatre genres, avec nombreuses espèces de *Pythonomorphes*, tandis qu'il n'a encore été reconnu que deux genres en Europe : la présence d'oiseaux à vertèbres biconcaves et à dents. Ce type intéressant, qui fut d'abord découvert par Seeley, dans le genre qu'il nomma *Enaliornis*, a été reconnu ensuite par Marsh comme possédant des dents et a été trouvé à un niveau inférieur en Angleterre, dans les grès verts supérieurs. Mais, en Angleterre, en France, en Westphalie, les genres de poissons ci-dessus mentionnés sont représentés par des espèces presque alliées à celles du Kansas; telles que le *Portheus*, l'*Ichthyodectes*, le *Saurodon*, le *Saurocephale*, l'*Erisichthe*, l'*Empo*, le *Pachyrhizodus*, l'*Enchodus*, le *Leptotrachelus*, etc. Ces rapports étroits d'horizons permettent une identification, et c'est le premier exemple que nous puissions citer, où cette identification me paraisse susceptible d'une démonstration satisfaisante.

Le prochain niveau crétacé où l'on retrouve de nombreux débris de vertébrés, dans l'Amérique du Nord, est celui de la formation de Fox Hills, en y rattachant les couches de Fort Pierre. Là apparaît le genre *Mosasaurus* en Amérique; il est accompagné par les plus anciens crocodiles à vertèbres procœliennes, par de nombreuses tortues marines qui tiennent à la fois des *Chélydridés* et des *Chélonidées*. Là se présente aussi pour la première fois en Amérique la famille que j'ai nommée *Propleuridæ*. Le type prédominant parmi les poissons est l'*Enchodus*, et les principaux *Dinosauriens* sont le *Lælaps* et le *Hadrosaurus*.

Cet horizon a été assimilé à celui de Maestricht, en Europe. Plusieurs genres sont communs aux deux couches; tels que les genres *Mosasaurus* et *Enchodus*, mais le genre *Hadrosaurus* et la famille de tortues que j'ai appelée *Adocidæ* restent encore à découvrir en Europe. Il en résulte que l'identité de la faune ne peut pas être établie.

Les couches lacustres au sommet de la série crétacée en Amérique, c'est-à-dire le laramien d'Hayden, présentent les restes d'une nombreuse faune et d'une riche flore. La paléontologie végétale conduit à considérer cette flore comme étant éocène, et même miocène dans ses parties supérieures, en même temps que la constitution lacustre des lits a induit les géologues stratigraphes à rattacher cette formation à celle des périodes tertiaires. Le caractère mixte de la faune résulte d'études faites sur les vertébrés fossiles. Le type prédominant dans l'Amérique du Nord était le type *Dinosaurien* abondant tant en espèces qu'en individus, et ce fait seul, pour la plupart des paléontologistes, doit être une raison suffisante pour ne point séparer ces assises de la série crétacée. Les genres *Paleoscincus*, *Cionodon*, *Diclonius*, *Monoclonius*, *Dysganus*, etc., appartenant au type des *Dinosauriens*, n'ont encore été trouvés dans aucune autre partie du monde. Avec eux étaient mêlées des espèces de crocodiles et de tortues d'un type peu caractéristique, tandis qu'il existait aussi nombre d'autres

formes, ayant une extension limitée dans le temps et pouvant dès lors fournir d'importantes indications pour la position stratigraphique. Tels sont les genres de poissons *Myledaphus* (Cope) et *Clastes* (Cope), qui ont aussi été trouvés à Reims (France) par le Dr Lemoine, dans les sables de Bracheux, considérés comme les plus basses assises tertiaires. Tels sont encore les curieux types de sauriens, *Champsosaurus* (Cope; *Simœdosaurus*, Gerv.), et le genre de tortue *Compsemys* (Leidy), que M. Lemoine trouve dans des couches un peu plus hautes, dans les conglomérats de Cerny qui forment la partie la plus basse du suessonien. En France, un genre de l'étage de Laramie, le *Polyonax*, s'étend jusque dans les lignites ou au-dessus des couches à *Coryphodon* dans les sables du suessonien. Le laramien est donc intermédiaire par ses caractères entre la période crétacée d'un côté, et la période tertiaire de l'autre; et sa faune contient à la fois des genres et des ordres appartenant à ces deux grandes séries. Ces relations peuvent être indiquées sous la forme du tableau suivant. J'y réunis ensemble la faune des sables de Bracheux et celle des conglomérats de Cerny, puisque toutes deux possèdent les types du laramien, tandis que l'horizon des lignites de Meudon, ou le suessonien, ne les contient pas.

SABLES DE THANET OU SABLES DE BRACHEUX ET CONGLOMÉRAT DE CERNY.	LARAMIEN.
Genres tertiaires.	
Lophiochærus.	
Plesiadapis.	
Pleuraspidotherium.	
Arctocyon.	
Clastes.	*Clastes.*
Genres spéciaux.	
Champsosaurus.	*Champsosaurus.*
Compsemys.	*Compsemys.*
Myledaphus.	*Myledaphus.*
	Scapherpeton.
Genres crétacés.	
	Paleoscincus.
	Dysganus.
	Monoclonius.
	Diclonius.
	Cionodon.
	Lælaps.
	Aublysodon.

Si, comme il est probable, les conglomérats de Cerny sont du même horizon que ceux de Meudon, il nous faut ajouter les *Coryphodon* en haut de la colonne de gauche, et probablement les *Gastornis*. Il en résulte clairement que les formations françaises et américaines réunies se complètent pour mieux remplir l'intervalle entre la série crétacée et la série tertiaire, comme Hayden l'avait avancé, en Amérique. Il est évident aussi qu'une nouvelle formation, correspondant au laramien, doit être ajoutée aux séries déjà reconnues en France.

Elle serait définie comme contenant les genres *Champsosaurus* et *Myledaphus*. En France, la présence de mammifères caractérisera la formation à laquelle on devra probablement appliquer le nom de thanétienne, tandis que dans la série américaine, la subdivision caractérisée par la présence des *Dinosauriens* a reçu le nom de lits de Fort Union.

La faune éocène est si variée, spécialement en Europe, qu'il est nécessaire de comparer les divisions séparément, comme dans le cas des terrains crétacés.

Ainsi, en France, les faunes du suessonien, d'une part, du calcaire grossier, du gypse parisien et du tongrien, d'autre part, diffèrent presque autant entre elles qu'en Amérique les faunes des époques de Wasatch et de Bridger.

J'ai déjà identifié le Wasatch avec le suessonien (ou Orthéocène) en raison de la communauté des genres suivants sur les deux continents : *Coryphodon*, *Hyracotherium*, *Amblyctonus*, *Clastes*, et une forme d'oiseau voisine du *Gastornis*. J'y puis maintenant ajouter le *Phenacodus*, l'*Orotherium* (Cope), et très probablement l'*Hyopsodus*, l'*Adapis*, l'*Opistothomus* et le *Prototomus*. Mais, comme il est dit plus haut, dans les lits inférieurs du suessonien, en France, on rencontre des genres qui, autant qu'on le sait aujourd'hui, manquent dans le Wasatch d'Amérique et se rencontrent dans les couches de Laramie. Tels sont deux genres dans les conglomérats de Cerny et quatre dans les sables inférieurs de Bracheux. Dans ces couches, ils sont associés aux genres de mammifères *Lophiochœrus*, *Plesiadapis*, *Pleuraspidotherium* et *Arctocyon;* et, dans les assises les plus basses, à une forme rapprochée, non sans quelque doute, de l'*Hyracotherium*. D'où la conclusion générale que les reptiles et les poissons du groupe de Laramie, dans l'Amérique du Nord, sont associés en Amérique aux *Dinosauriens* et non aux *mammifères*, tandis qu'en Europe ils sont associés aux *mammifères* et non aux *Dinosauriens*. Le groupe de Laramie se place donc nécessairement à la limite entre les terrains tertiaires et les terrains crétacés, mais du côté des derniers. Si nous conservons ces grandes divisions, ce qu'il me semble désirable de faire, il y a deux raisons de laisser la formation de Laramie dans la série crétacée, à savoir : 1° parce que les *Dinosauriens* sont un type mésozoïque, inconnu partout ailleurs dans les couches tertiaires; 2° parce que les mammifères qui pourraient, à l'avenir, être découverts dans le laramien, n'auraient évidemment pas, à un degré équivalent, le caractère tertiaire, puisqu'on les a également rencontrés dans les couches jurassiques ou triasiques. L'analogie du niveau de Wasatch, en Amérique, avec le haut suessonien de France est la seconde identification qui puisse être regardée comme provisoirement établie. Les seuls éléments discordants, observés jusqu'ici, sont les *Tæniodontes* qu'on n'a pas encore trouvés en Europe, et le genre *Lophiodon* qui est inconnu en Amérique.

A partir du suessonien commence à se manifester, entre les caractères des faunes de l'Europe et de l'Amérique, une divergence qui se continue à travers le reste des temps tertiaires. En ce qui concerne les mammifères, la diversité entre les deux continents était plus grande pendant les périodes de l'éocène supérieur et du miocène que durant l'ère présente. Alors, en effet, un nombre limité de genres communs aux deux continents étaient associés à de nombreux genres existant seulement dans l'un ou dans l'autre. Il en résulte que nos

moyens d'identification paléontologique des horizons sont réduits à une liste restreinte. La tâche d'appliquer une nomenclature uniforme est difficile en raison des circonstances. On éprouve une autre difficulté pour déterminer la place des couches américaines dans l'échelle européenne; elle consiste dans ce fait que l'histoire physique des deux continents, pendant la période tertiaire, semble avoir été toute différente. En Amérique, les changements de niveau paraissent avoir été plus uniformes dans leurs caractères, sur des aires étendues. Chaque dépôt a une large extension géographique, et la faune présente moins de variations irrégulières. En Europe, nous avons un grand nombre de dépôts comparativement restreints; chacun d'eux diffère des autres en ce que sa faune lui est plus ou moins particulière. Lorsqu'on étudie ces faunes, leur classement naturel en Europe en trois séries : éocène, miocène et pliocène, ne paraît pas reposer sur des bases bien solides. Ceci s'applique surtout à la distinction entre les deux dernières, mais les auteurs varient aussi sur le point de démarcation entre les deux premières. Ainsi, le stampien est le sommet de l'éocène, suivant M. Renevier, tandis que MM. Gaudry, Filhol et d'autres encore le placent à la base de la série miocène. D'après les faits actuellement connus, l'une des opinions est aussi admissible que l'autre.

Considérons maintenant la nature de l'évidence sur laquelle nous pourrions fonder une classification des faunes et des dépôts qui les contiennent. Nous sommes à présent habitués à établir nos définitions sur toutes les particularités de faunes que nous pouvons saisir, par exemple : la période d'apparition, la durée et la disparition de certains types, en nous appuyant sur les ordres, les familles, les genres pour les grandes divisions, et sur les espèces dans une localité donnée, pour les subdivisions. Il est, en outre, évident que les uns ou les autres des trois caractères mentionnés ci-dessus sont en quantités variables, puisque les découvertes étendent constamment nos connaissances sur la distribution des types. Dès lors, les définitions sont empiriques et temporaires. Il nous faut donc, si nous voulons un système stable, examiner les principes invoqués et tâcher de découvrir des définitions reposant sur des bases plus solides que celles dont nous sommes maintenant en possession.

En fait, les anciennes définitions d'époques et de périodes sont journellement contredites par de nouvelles découvertes. En théorie, ce serait ici le cas. Pour ceux qui ont foi dans la doctrine de dérivation, l'effacement des distinctions de faunes n'est pas une cause de surprise. Ils attendent avec confiance le jour où une phylogénie complète sera possible, et, quant à présent, ils regardent les discontinuités dans la succession de vie comme étant seulement locales. En résultera-t-il que la paléontologie perdra sa valeur pour la définition des âges et des dépôts? Nous répondons non, et pour des motifs variés. Sans doute, dans une localité donnée, il s'est produit souvent des interruptions de la vie qui sont dues à diverses causes et qui ont laissé dans la croûte du globe des traces que les découvertes n'effaceront point. Mais, à part cela, il y a un fait patent, reconnu à la fois par les partisans et par les adversaires de la doctrine de dérivation. Il est notoire que le monde, à chaque âge de son histoire, a vu s'éteindre d'importants types d'êtres vivants. Des exemples bien connus sont offerts par les *Placodermes* des temps paléozoïques ; par les divers

groupes de reptiles de l'ère mésozoïque, et par les *Amblypodes* de l'ère tertiaire. Les subdivisions moindres du temps présentent chacune ses exemples propres de persistance ou d'extinction de familles et de genres particuliers.

Maintenant, tout l'ensemble de la biologie nous oblige à reconnaître cette loi de classification que l'ordre des formes va du moins au plus généralisé, du simple au plus complexe, et *vice versa*, suivant que les lignes de succession seront celles de descendance ou celles de création; et cette loi est vraie dans le temps comme dans la classification. Il s'ensuit que tous les types d'êtres sont, à l'époque de leur apparition, moins distincts et plus généraux dans leurs caractères qu'ils ne le deviendront dans la suite de leur histoire. Il résulte encore, comme conséquence de ce principe de descendance, que les types spéciaux d'âges ont tiré leur origine des types généraux des âges précédents, et qu'il n'y a pas descendance des types plus spécialisés. Ce qui revient à dire que les genres, familles et ordres dont l'extinction a été le trait caractéristique de chaque âge géologique, en ont été les types spécialisés.

Nous avons maintenant acquis pour les faunes, et par suite pour les époques, une base de définition sur laquelle les découvertes peuvent s'appuyer avec sécurité. Les accroissements successifs de structure par lesquels s'est produite une importante modification des types animaux excluent la possibilité de déterminer exactement le temps auquel on peut attribuer l'*apparition* de tel ou tel type. Même quand un tel point peut être arbitrairement fixé, le type doit alors être représenté de façon moins caractéristique qu'il ne l'est à l'autre limite de son existence, c'est-à-dire dans la période de sa *disparition*. Pour ces raisons, je dois regarder le dernier criterium comme le véritable dans la distinction des subdivisions du temps géologique; tandis qu'il ne faudra faire qu'un usage provisoire du point d'apparition des types; et cela demeure tout à fait indépendant des changements que, peu à peu, les découvertes nous forcent à faire dans notre connaissance de la distribution de la vie dans le temps et l'espace. Il ne faut néanmoins pas perdre de vue que la disparition peut être due à deux causes qu'il est essentiel de distinguer : la première est l'extinction; la seconde, la modification. Le cas de disparition par modification est identique à celui d'apparition par modification, et ne peut être employé autrement dans la classification. C'est donc aux périodes d'extinction des types que nous devons avoir égard.

Ces principes posés, nous continuons la comparaison de la faune éteinte en Europe et dans l'Amérique du Nord. Si nous envisageons l'ensemble de la faune tertiaire, nous voyons que les types suivants, représentants bien nets de familles et de groupes plus élevés, se sont éteints et n'ont laissé dans la faune vivante ni descendants ni successeurs. Parmi les Insectivores, les *Leptictidés* dans l'Amérique du Nord; le groupe Bunothérien, d'affinités intermédiaires; les *Tillodontes* et les *Téniodontes*, tous deux de l'Amérique du Nord; parmi les Édentés, le *Macrotherium* et l'*Ancylotherium* en Europe, et les *Mégathéridées* en Amérique; parmi les Prosimiens, les *Mésodontes* des deux continents; parmi les Carnivores, les *Hyænodons* et les *Proviverres* avec les *Machérodes*. Des Ongulés, l'ordre entier des *Amblypodes* qui, peut-être cependant, a disparu dans certains de ses membres par modification; mais dont les

seuls sous-ordres connus, les *Pantodontes* et les *Dinocerates*, se sont absolument éteints. Parmi les Périssodactyles, les deux continents ont perdu par extinction: les *Chalicotheridées* qui ont fini après un grand développement dans l'Amérique septentrionale; le genre *Hyracodon*, parmi les Rhinocérides. Chez les Artiodactyles, deux grandes divisions, représentatives l'une de l'autre sur les deux continents, ont totalement disparu, à savoir : les *Oréodontides* et les *Anoplothérides*, auxquels il faut ajouter les *Hyopotamides*. Parmi les Ruminants, le type le plus important qui ait disparu des deux continents à la fois est celui des *Camélides*. Des divers genres de Suilliens, l'*Anthracotherium* et l'*Elotherium* peuvent être regardés comme n'ayant pas laissé de survivance. Les derniers de tous les Proboscidiens s'étaient retirés dans les continents du Sud.

En raison de la complexité des données relatives à l'Europe, je présente d'abord, dans le système plus simple de l'Amérique, les rapports des phénomènes ci-dessus mentionnés. Comme cet essai commence avec les périodes les plus anciennes, j'examine la succession dans l'ordre descendant. Les horizons de l'époque tertiaire, qui offrent une faune terrestre distincte dans l'Amérique du Nord, sont désignés sous les noms de Wasatch, Bridger, White River, Loup Fork, couches à Equus et Champlain. Les types qui se sont éteints [1] avec la fin de chaque époque sont les suivants :

WASATCH.

Gastornithidæ.	*Pantodonta.*

BRIDGER.

Baënidæ.	*Proviverra.*
Tillodonta.	*Dinocerata.*
Mesodonta.	

WHITE RIVER.

Leptictidæ.	*Chalicotheridæ.*
Hyænodon.	*Hyopotamidæ.*
	Hyracodon.

LOUP FORK.

Mylagaulus.	*Oreodontidæ.*
Rhinoceridæ.	

COUCHES À EQUUS.

Megatheridæ.	*Elephantidæ.*
Machærodus.	*Camelidæ.*
Tapiridæ.	

Le tableau qui précède expose l'état actuel de nos connaissances : il s'étendra sans doute beaucoup par les découvertes futures, mais il ne sera pas autrement modifié.

Les nombreux savants qui ont étudié la paléontologie des vertébrés supérieurs de l'Europe ont plutôt considéré, pour définir leurs divisions de faune,

[1] Ces termes, comme il a été dit, expriment que les types n'ont laissé aucune survivance directe.

l'apparition des types que leur disparition. Le tableau suivant, que j'ai établi d'après les écrits de MM. P. Gervais, Gaudry, Pomel, Filhol, Renevier et autres, n'est cependant pas aussi complet que je l'aurais désiré.

ÉTAGE SUESSONIEN.

Pantodonta.

ÉTAGE PARISIEN (BARTONIEN, SESTIEN).

Palæophis.	*Mesodonta.*
Proviverra.	*Lophiodon.*
Pterodon.	

ÉTAGE STAMPIEN.

Palæotheridæ.	*Anoplotheridæ.*
Chalicotherium.	*Elotherium.*

ÉTAGE AQUITANIEN.

Hyænodon.	*Hyopotamus.*

ÉTAGE FALUNIEN.

Anthracotherium.	*Palæochœrus.*
	Cœnotherium.

ÉTAGE ŒNINGENIEN.

Ancylotherium.	*Hippotherium.*
Dinotherium.	*Aceratherium.*

ÉTAGE SUBAPENNIN.

Mastodon.	*Tapiridæ.*

TERRAIN DILUVIEN.

Hyæna.	*Rhinoceros.*
Macherodus.	*Hippopotamus.*
Elephas.	

Les tableaux ci-dessus montrent que l'histoire de la vie des mammifères sur les continents présente beaucoup de points de ressemblance ; mais qu'il y a une grande difficulté à établir la corrélation des époques représentées par les faunes connues. En ce qui touche les trois principales : éocène, miocène, pliocène, elles n'ont aucune *raison d'être* spéciale, puisque des faunes telles que celles de l'étage stampien ou de l'étage œningenien sont absolument intermédiaires dans leurs caractères.

Des comparaisons plus détaillées entre les faunes d'Europe et d'Amérique feraient ressortir beaucoup de relations qui n'ont pu être développées dans ces tableaux, et que je vais maintenant considérer brièvement.

Dans le Bridger américain, les genres variés de *Mésodontes* représentent le peu d'*Adapidées* de l'étage parisien, le genre *Adapis* (Cuv.) étant probablement commun aux deux continents. L'*Anaptomorphus* américain, un véritable Lémur, a été trouvé par M. Filhol dans les phosphorites, et nommé *Necrolemur*. Les caractères des nombreux carnivores du Bridger sont encore inconnus. Le *Stypolophus* du Bridger est peut-être le *Prototomus* du Wasatch, et celui-ci a

encore été découvert par M. Filhol[1] en France; tandis qu'un genre, tout à fait similaire, s'il n'est identique[2], a été rencontré dans le terrain sidérolithique de Suisse, et nommé *Proviverra*. Les *Hyénodontidées* existent probablement dans le Bridger. Nulle part en Europe, nous ne trouvons les *Dinocerata* et les *Tillodonta* du Bridger. Le *Palæosyops* est aussi inconnu en Europe, mais il joue en Amérique le rôle du *Palæotherium*, dont il ne diffère que fort peu dans sa structure. Ce dernier genre est très largement développé dans l'étage parisien, mais il est aussi caractéristique de l'étage stampien. L'*Hyrachyus* est le *Lophiodon* américain, la différence entre eux n'étant que légère; tous deux se trouvent en France, le premier dans le parisien inférieur, le dernier dans les phosphorites. Le *Tapirulus* (Gerv.)[3] est commun dans le Bridger, et dans plus d'un horizon de l'étage parisien. Les *Rodentia*, analogues à l'Écureuil du Bridger, sont semblables à ceux de l'étage parisien, mais ne sont pas confinés à chaque époque. Le caractère qui distingue surtout l'étage parisien du Bridger, outre l'absence des *Dinocerata* et des *Tillodonta*, est la présence de nombreux Artiodactyles Sélénodontes, comme le *Xiphodon*, le *Cœnotherium*, l'*Amphimeryx*, l'*Anoplotherium*, etc.

Ceux-ci sont de types primitifs, il est vrai, les *Anoplotheriidées* spécialement, ayant très probablement, avec de très courtes mains (*Eurytherium*), quatre doigts en avant et trois doigts derrière. Ils présentent aussi le caractère d'un cinquième croissant des molaires supérieures, qui manque dans les Sélénodontes plus élevées. Mais ces genres eux-mêmes ne se trouvent pas dans le Bridger. En résumé donc, ce dernier montre ses rapports, en arrière, vers le suessonien, tandis que le parisien offre un *facies* plus récent, constituant un rapprochement avec le stampien et le White River.

ÉTAGE PARISIEN.	BRIDGER.
Didelphys.	*? Didelphys.*
Vespertilionidæ.	*Vespertilionidæ.*
Plesiarctomys.	*Plesiarctomys.*
	Tillodonta.
Hyænodontidæ.	*Hyænodontidæ.*
Adapis.	*Adapis.*
Anaptomorphus (Phosphorites).	*Anaptomorphus.*
	Dinocerata.
	Paleosyops.
Palæotherium.	
Lophiodon.	
Hyrachyus. (Phosphorites).	*Hyrachyus.*
Tapirulus.	*Tapirulus.*
Anthracotherium.	*Achænodon.*
Chæropotamus.	
Hyopotamus.	
Dichobune.	
Anoplotherium.	
Xiphodon.	
Amphimeryx.	

[1] Il est décrit comme *Cynohyænodon* avec deux espèces.

[2] Les caractères que présente la dentition, à la mandibule, ne permettent pas de distinguer le *Notharctus* de l'*Adapis*.

[3] Gervais, 1850; *Helaletes*, Marsh, 1872.

Le tableau qui précède présente en résumé les relations de la faune du Bridger, mais il est beaucoup moins complet que nous n'espérons le faire quand les nombreuses espèces seront entièrement décrites. Ici, le parisien est regardé comme comprenant les divisions du bruxellien, du bartonien et du sestien (Gypse) [1].

La riche faune stampienne, suivant les auteurs, est représentée au niveau des sables de Fontainebleau, au Puy-en-Velay (à Ronzon), à Hempstead et à Cadibona, en Italie. Nous y trouvons les *Didelphes* en abondance, l'*Hyænodon*, l'*Amphicyon*, le *Cynodon*, le *Palæotherium*, le *Paloplotherium*, le *Chalicotherium* et l'*Aceratherium*. Parmi les Artiodactyles, les Suilliens sont l'*Anthracotherium* et l'*Élotherium;* et les Sélénodontes, l'*Hyopotamus* et le *Gelocus*. Cette énumération est la contre-partie connue la plus voisine de la faune de l'époque de White River dans l'Amérique du Nord. Pour reproduire cette dernière, en effet, il nous faut supprimer de la liste ci-dessus les genres de *Palæotheridées* et les remplacer par leur alliées chalicothéroïdes les *Menodus* et les *Symborodon;* retrancher l'*Anthracotherium* et ajouter la grande série des *Oréodontidées*. La faune de White River comprend donc les plus élevés des Artiodactyles Sélénodontes, les *Poëbrotheridées* et les *Hypertragulidées*. Ces types sont les correspondants de ceux qui appartiennent à la faune de Saint-Gérand-le-Puy, en France, c'est-à-dire à l'époque aquitanienne, qui a suivi directement celle de l'étage stampien. Nous trouvons à ce niveau, en Europe : *Dremotherium*, *Amphitragulus*, *Lophiomeryx*, *Dorcatherium;* en Amérique : *Leptomeryx*, *Hypertragulus*, *Hypisodus* et *Poëbrotherium*. Il est curieux que le *Leptomeryx*, étant aussi européen [2], n'ait pas encore été signalé au-dessus des phosphorites. Parmi les Suilliens, le *Palæochœrus* [3] des couches de White River, dans l'État d'Orégon, n'a pas non plus été observé au-dessous de l'aquitanien d'Europe. Mais les Didelphes [4] américains, l'*Hyænodon*, l'*Amphicyon*, l'*Elotherium* et l'*Hyopotamus*, avec les nombreuses espèces chalicothéroïdes, démontrent clairement que la faune de White River peut être regardée comme un mélange des faunes stampienne et aquitanienne, la première étant parfois rattachée avec raison à l'éocène supérieur, tandis que la seconde est toujours considérée comme la partie la plus basse du miocène. Et la solution de cette question de position, à l'égard des couches de White River, ne me paraît, quant à présent, nullement facile [5]; suivant le système de Naumann, ces couches pourraient être appelées oligocènes. Quoique les Artiodactyles Sélénodontes soient plus abondants dans les deux continents durant cette période que pendant les précédentes, on observe entre eux une différence remarquable. En Europe, ils n'offrent que des types avec cinq croissants, et sont représentés par de nombreux *Hyopotamus* et *Cœnotheriens*. En Amérique, au contraire, les molaires portant quatre croissants

[1] Voir *Ann. Rept. U. S. Geol. Survey Terrs.*, 1873, notamment p. 461-462, où ces considérations sont exposées.

[2] Je crois que le *Prodremotherium* de M. Filhol est identique au *Leptomeryx*.

[3] Le *Thinohyus* de Marsh est très voisin.

[4] *Herpetotherium*, Cope; *Peratherium*, Aym.

[5] Voir *Ann. Rept. U. S. Geol. Survey Terrs.*, 1873, p. 402, où les couches du White River sont déterminées comme appartenant au miocène inférieur.

caractérisent le sous-ordre tout entier, à l'exception de deux espèces d'*Hyopotamus*.

Le tableau suivant exprime les relations de la faune de White River :

ÉTAGES STAMPIEN ET AQUITANIEN.	WHITE RIVER.
Didelphys.	*Didelphys.*
	Leptictidæ.
Protomyidæ.	*Protomyidæ* [1].
	Saccomyidæ [2].
Steneofiber.	*Steneofiber.*
Leporidæ.	*Leporidæ.*
Hyænodon.	*Hyænodon.*
Amphicyon.	*Amphicyon.*
Canis.	*Canis.*
	Temnocyon.
Gulo [3].	*Gulo* [3].
	Dinictis.
Machærodus.	*Hoplophoneus.*
	Chalicotheridæ.
Palæotheridæ.	
	Hyracodon.
	Aceratherium.
	Mesohippus [4].
Elotherium.	*Elotherium.*
Palæochœrus.	*Palæochœrus.*
Anthracotherium.	*Oreodontidæ.*
Anoplotheridæ.	*Poëbrotherium.*
Hyopotamidæ.	*Hypertragulus.*
Lophiomeryx.	
Amphitragulus.	
Leptomeryx. (Phosphorites.)	*Leptomeryx.*
Dremotherium.	
	Hypisodus.

L'époque falunienne contient, dans un large sens, les divisions langhienne, helvétique et tortonienne, comprenant les riches dépôts de l'Orléanais, de Simorre et de Sansan. Nous avons ici la vraie faune miocène, dont les genres sont caractéristiques : Édentés : *Macrotherium;* Proboscidiens : *Dinotherium*, *Mastodon;* Périssodactyles : *Anchitherium*, *Listriodon;* Artiodactyles : *Palæomeryx*, *Dicrocerus*, *Cosoryx* [4] ; Carnivores : *Amphicyon*, *Hyænarctos?*, *Machærodus;* Quadrumanes : *Pliopithecus*. Les anciens genres *Anthracotherium* et *Cœnotherium* se continuent à travers les temps, et les genres actuels *Arvicola*, *Lutra* et *Sus* apparaissent. L'époque suivante, celle d'Œningen, comprenant les horizons d'Eppelsheim et de Pikermi, présente en outre les genres *Dorcatherium*, *Hellado-*

(1) *Ischyromys*, Leidy.
(2) *Entoptychus* et *Pleurolicus*, Cope.
(3) *Amphictis*, Pom.
(4) *Cosoryx* (Leidy), Cope, 1874 ; *Procervulus*, Gaudry, 1878 ; *Dicrocerus*, Cope, 1874 (non Lartet) ; *Merycodus* et *Cosoryx*, Leidy, *nomina nuda*.

therium, plusieurs genres alliés à l'*Antilope*, et aussi l'*Hippotherium*, les énormes édentés *Ancylotherium* et le singe *Mesopithecus*.

C'est avec ces matériaux qu'il nous faut déterminer par comparaison l'époque du Loup Fork américain, dont les dépôts sont largement répandus et dont la faune est d'un caractère bien marqué. Quoique mes prédécesseurs l'aient classée dans l'âge pliocène, j'ai insisté pour la rapporter aux séries miocènes, et je crois que la démonstration que j'ai produite à cet effet paraîtra décisive. Néanmoins, là, comme dans les autres horizons tertiaires américains, le *facies* géographique spécial intervient et diminue le nombre de types identiques.

ÉTAGE FALUNIEN.	LOUP FORK.
Steneofiber.	*Steneofiber.*
Macrotherium.	*Morotherium.*
Ancylotherium.	
Amphicyon.	*Amphicyon* [1].
Dinotherium.	*Cænobasileus.*
Tetralophodon.	*Tetralophodon.*
Aceratherium.	*Aphelops.*
Anchitherium.	
Listriodon. (Œningen.)	*Hippotherium.*
	Protohippus.
	Hippidium [2].
Cænotherium.	*Oreodontidæ.*
Anthracotherium.	
Paleomeryx.	
Dicrocerus.	*Blastomeryx.*
Cosoryx.	*Cosoryx.*
	Protolabis.
	Procamelus.

Les genres actuels trouvés dans la faune falunienne sont représentés par le *Dicotyles*, l'*Hystrix* et le *Mustela*, dans les couches du Loup Fork. Il est évident que ce dernier horizon conserve dans ses *Oréodontidés* les mêmes traces d'antiquité que présente l'étage falunien dans son *Cænotherium*. Mais ce qui constitue un aspect plus moderne, c'est l'absence de l'*Anchitherium*, remplacé par l'*Hippotherium* et le *Protohippus*, et la présence d'un type encore plus moderne, l'*Hippidium*. Quoique six genres seulement des deux continents soient déterminés comme identiques dans le tableau précédent, cependant d'autres encore peuvent être mis sur la même ligne, et envisagés comme alliés étroitement. D'autres différences sont géographiques. Le *facies* de l'horizon du Loup Fork est donc un composé de ceux des faluns et d'Œningen, c'est-à-dire du miocène supérieur.

En étudiant, en 1874, la faune précédemment décrite [3], j'ai fait remarquer que le pliocène américain était encore à découvrir. Peu de temps après cette date, j'eus entre les mains des matériaux pouvant servir à reconnaître cet horizon sur notre continent. Ils provenaient du terrain tertiaire supérieur de l'Orégon, et comprenaient un nombre considérable d'espèces de poissons, d'oi-

[1] *Canis ursinus*, Cope.
[2] *Pliohippus*, Marsh.
[3] *Rep. Lt. G. M. Wheeler, IV, Paléontologie de New-Mexico*, 1874.

seaux et de mammifères. Je publiai une liste de quelques espèces en 1878[1]. Par ses caractères, la faune de cette région rappelle celle que, de temps en temps, on a mis au jour, en fouillant les cavernes et autres dépôts des États de l'Est, à un tel point que nous avons été amenés à ne voir entre elles que des différences simplement géographiques. En Europe, le pliocène ou subapennin contient, d'après d'Orbigny (1855) et M. Gaudry (1875), Plaisance et d'Asti, qui sont représentées dans les localités suivantes :

Plaisance : Montpellier, Casino (Toscane).

Asti : colline de Perrier près d'Issoire, Coupet, Vialette (Haute-Loire), Chagny, Crag d'Angleterre, Val d'Arno (en partie).

Ce qui caractérise cette faune est le fait que les espèces appartiennent surtout aux genres existants, la principale exception étant l'*Hippotherium*. Les chevaux sont surtout représentés par l'*Equus*. Les genres communs sont *Marmotte*, *Lièvre*, *Éléphant*, *Mastodonte*, *Tapir*, *Sanglier*, *Cerf*, *Antilope*, *Bœuf*, *Chien*, *Machærodus*, *Chat*, *Ours*. Dans les couches à *Equus* de l'Orégon[2], peu de genres éteints se partagent en quelque sorte le champ avec des formes récentes très variées, un grand nombre d'ossements ne peuvent être distingués de ceux qui appartiennent aux espèces actuelles.

Je donne la liste suivante, en indiquant les espèces récentes par un *r* :

Mylodon sodalis.
Thomomys aff. clusius (r.).
Thomomys talpoïdes (r.).
Castor fiber (r.).
Lutra aff. L. piscinaria.
Canis latrans (r.).
Elephas primigenius.
Equus occidentalis.
Equus major.
Auchenia hesterna.
Auchenia major.
Auchenia vitakeriana.
Cervus fortis.

Les espèces fournies par les dépôts des cavernes dans les États de l'Est sont plus nombreuses et diffèrent, à bien des égards, de la faune de l'Orégon; le parallélisme est encore étroit dans les genres, d'une part avec les couches à *Equus*, et d'autre part avec le pliocène d'Europe ou de l'Amérique méridionale. La différence qui distingue ces assises des couches à *Equus* de l'Orégon est néanmoins suffisante pour me forcer à en faire une division distincte du pliocène, sous le nom de couches à *Megalonyx*.

Megatherium (p.).
Mylodon (p.).
Megalonyx (p.).
Sciurus (s.).
Arctomys (s.).
Jaculus.
Arvicola (s.).
Erethizon.
Hydrochærus (p.).
Castoroïdes.
Lagomys (s.).
Lepus (s.).
Anomodon.
Scalops.
Arctotherium (p.).
Procyon.
Canis (s. p.).
Mustela (s. p.).
Machærodus (s. p.).
Mastodon (s. p.).
Equus (s. p.).
Hippotherium (s.)[3].
Tapirus (s.).
Dicotyles (p.).
Cariacus (p.).
Bos (s.).

(1) *Bull. Hayden's U. S. Geol. Survey Terrs.*, IV, 1878, p. 389.
(2) Ainsi désignés par Marsh.
(3) *H. venustum* Leidy, *S. Carolina.*

Dans la liste ci-dessus, les genres éteints sont indiqués en italique. Il y a là un trait important du pliocène de l'Amérique du Nord, sur lequel j'ai appelé l'attention déjà depuis plusieurs années; c'est une représentation considérable de la formation pampéenne de l'Amérique méridionale. Ainsi il y a douze genres qui se retrouvent aux Pampas, dont six sont éteints et quatre spéciaux à cette formation et à sa faune. Les genres trouvés dans les assises pampéennes sont marqués (p) et ceux des couches subapennines, (s). Dans la liste relative à l'Orégon, les genres *Mylodon* et *Auchenia* ont été reconnus comme les seuls distinctement pampéens. Comme conclusion de la comparaison générale des couches à *Equus* en Amérique avec celles d'Europe, on peut dire que le nombre des genres identiques est si grand qu'on ne saurait hésiter à les déclarer parallèles, comme étant stratigraphiquement équivalentes. D'un autre côté, la corrélation avec la formation pampéenne de l'Amérique du Sud est si marquée sous certains rapports qu'elle nous porte à regarder toute différence comme plutôt géographique que stratigraphique. Pour nous, la formation pampéenne contient une trop forte proportion de genres éteints pour être, à juste titre, rattachée, ainsi qu'on l'a fait, au post-pliocène, ou terrain quaternaire; l'étude de ses caractères en eux-mêmes, et aussi la comparaison qu'il m'a été donné d'en faire, la rapportent réellement au pliocène. Il semble donc que le terme pliocène ou subapennin est applicable à l'horizon de cette faune en Europe et dans les deux Amériques.

RÉSUMÉ DES COMPARAISONS.

Les conclusions à déduire des faits énumérés dans les pages qui précèdent peuvent se résumer ainsi :

1° Chacune des faunes des divisions primaires des temps géologiques a été, en partie, reconnue à la fois dans les deux continents, en Europe et dans l'Amérique du Nord.

2° Le parallélisme, exigeant seulement l'identification générale des divisions principales de ces faunes, peut être reconnu pour plusieurs niveaux, savoir : le permien, le terrain houiller, le laramien, la craie de Maestricht, l'éocène, le miocène et l'oligocène.

3° Les identifications exactes de divisions restreintes ne peuvent être faites que dans un petit nombre de cas; ainsi pour le turonien et le Niobrara, le suessonien et le Wasatch, les couches à *Equus* et le pliocène.

Il n'est pas impossible que certaines des relations générales mentionnées au § 2 ne viennent, grâce à des informations ultérieures, s'ajouter à la liste des comparaisons exactes au § 3. Dans tous les cas d'identification, il sera nécessaire d'employer le plus ancien nom proposé pour l'horizon lorsqu'il a été défini; les autres dénominations se placeront à la suite comme synonymes. Mais, pour la majorité des assises, on devra garder les noms locaux; ainsi, ceux de Laramie, Bridger, White River et Loup Fork, qui s'appliquent à des couches sans équivalents exacts en Europe, ne peuvent être mis de côté pour de plus anciens; mais ils devraient, au contraire, s'appliquer eux-mêmes aux

horizons de faunes correspondants partout où l'on viendrait à les découvrir plus tard. Et il arrivera rarement que les petites subdivisions de pareilles faunes aient une extension suffisante pour permettre de les désigner autrement que par des noms locaux.

EUROPE OCCIDENTALE.		AMÉRIQUE DU NORD.	
TERRAIN TERTIAIRE.			
Pliocène	Astien. Plaisancien.	Pliocène	Equus Beds. Megalonyx Beds.
Œningien	Œningien.	Loup Fork	Procamelus Beds. Ticholeptus Beds.
Falunien	Tortonien. Langhien.		
Aquitanien	Aquitanien.	White River	Truckee Beds. White River.
Stampien	Stampien.	Uinta	Uinta.
Parisien	Sestien. Bartonien. Bruxellien.	Bridger	Bridger.
Suessonien	Suessonien.	Wasatch	Green River. Wasatch.
TERRAIN POST-CRÉTACÉ.			
Thanetien	Thanetien.	Puerco [1]	Puerco.
		Laramie	Fort Union. Judith River.
TERRAIN CRÉTACÉ.			
Sénonien	Maestrichtien. Campanien. Santonien.	Fox Hills	Fox Hills. Fort Pierre.
Cénomanien	Turonien. Carentonien. Rothomagien.	Colorado	Niobrara. Fort Benton.
		Dakota	Dakota.
Gault	Vraconien. Albien.		
Urgo-Aptien	Aptien. Rhodanien. Urgonien.		
TERRAIN JURASSIQUE.			
Wealdien	Hauterivien. Valangien.		
Portland	Purbeckien. Portlandien. Kimmeridgien.	Camarasaurus Beds.	
Corallien			
Oxfordien			
Bathonien			
Lias supérieur			
Lias inférieur			

[1] *Proc. Acad. Philad.*, 1857, p. 156; *Proc. Amer. Phil. Soc.*, 1869, p. 178.

TERRAIN TRIASIQUE.

.....			
.....	Karnien. Norien.	Keuper.....	
lk.....			

TERRAIN CARBONIFÈRE.

.....	Thuringien. Lodèvien.	Permian.....	Clepsydrops Shales. Eryops Beds.
ouillère...	Houille. Conglomérats. Calcaire carbonifère.	Coal Period.....	Coal measures. Conglomerate. Mountain Limestone.
supérieur.	Fammenien.	Upper Devonian....	Catskill. Chemung. Hamilton.
moyen...	Eifelien.		
inférieur..	Coblenzien.	Lower Devonian....	Corniferous. Oriskany.

TERRAIN SILURIEN.

upérieur..	Ledburien. Ludlovien. Wenlockien.	Upper Silurian.....	Lower Heidelberg. Salina. Niagara.
ıférieur...	Llandoverien. Caradocien. Llandeilien. Tremadocien.	Lower Silurian.....	Hudson. Trenton.
imordiale..		Primordial.....	Calciferous. Potsdam.

TERRAIN ARCHAEEN.

le tableau qui précède, les séries des couches de l'Europe et de l'Amé-
ı Nord, déterminées par leurs caractères paléontologiques, sont pla-
regard comme points de comparaison. Un parallélisme complet ne
e affirmé que pour les divisions de premier ordre séparées par des
horizontaux, et ce rapport est indiqué par l'exacte correspondance des
qui représentent les époques en question. En énumérant les divisions
lre importance dans les époques européennes, je me suis généralement
citer celles de ces époques qui ont des équivalents en Amérique.
l n'y a pas d'équivalent d'un côté ou de l'autre, la lacune est marquée
ligne verticale. En employant des noms pour les époques et leurs
ı, je me suis soumis à la loi de priorité autant que me l'ont permis
naissances dans la littérature géologique [1]. J'ai donné quelques noms
nations américaines, mais seulement quand elles n'avaient point été
ement désignées, et, dans ce cas, j'ai cru préférable d'employer le nom

: le système européen, j'ai trouvé un grand secours dans les écrits de MM. Hébert,
ervais, Gaudry, Filhol, Woodward, et dans l'atlas du professeur Renevier, de Lau-

de quelque genre caractéristique de fossile plutôt qu'une dénomination tirée de l'origine locale.

Le plus ancien exemple est ce que j'ai appelé les couches à *Eryops* d'après le genre de Labyrinthodontes qui s'y trouve le plus abondamment. Ces couches contiennent aussi un grand nombre d'autres *Vertébrés*, dont les plus élevés sont des *Reptiles* (ordre des *Théromorphes*) et, en outre, des plantes, des mollusques, etc.; elles sont composées de grès alternant avec des lits d'argile rouge, des conglomérats grossiers et des sphérosidérites, etc. Elles sont surtout réparties dans le nord du Texas et dans le sud du Territoire indien.

Les schistes à *Clepsydrops*, que j'ai ainsi nommés en 1865, forment un mince dépôt dans le sud-est de l'Illinois et dans le sud-est de l'Indiana. Ils sont constitués par des ardoises et des argiles carbonifères noires, rarement rougeâtres. Ils semblent être, par places, en concordance avec les couches de houille auxquelles les premiers géologues les ont rapportés; mais Collett, Gibson et d'autres ont démontré que les deux formations sont en discordance sur des surfaces considérables. Il y a donc lieu de les séparer.

Les marnes de Puerco furent d'abord le sujet de mes observations dans le Nouveau-Mexique, en 1874, et leur grand développement fut ensuite constaté dans le sud-ouest du Colorado, par Endlich, en 1875. Il les a rapportées au rang le plus inférieur dans les séries tertiaires, mais l'absence de fossiles rend difficile de savoir si elles appartiennent à ces couches ou à celles de Laramie.

Les couches de White River, dans l'Orégon, diffèrent de celles qu'on a pu observer à l'est des Montagnes Rocheuses, quoiqu'elles contiennent en majorité les mêmes genres et beaucoup des mêmes espèces. Elles manquent de deux genres importants : *Symborodon* et *Menodus*. Elles ont, à leur place, le *Daeodon* et, en outre, quelques genres spéciaux de Rodentiens, comme l'*Entoptychus*, le *Pleurolicus*, le *Meniscomys*, quelques autres parmi les Oréodontidés et les Carnivores, et le *Palæochœrus* parmi les Suilliens.

La formation de Loup Fork est représentée dans la vallée de Smith's River Montana par un horizon peut-être un peu plus ancien que celui qui était autrefois connu. La faune nous offre non seulement les genres typiques *Procamelus*, *Hippotherium*, *Protohippus*, *Mastodon* et *Merycochœrus*, mais, en outre, quatre genres particuliers d'*Oréodontidés* : *Ticholeptus*, *Cyclopidius*, *Brachymeryx* et *Pithecistes* [1], joints à des ruminants voisins du *Palæomeryx*. Ces types font défaut dans les autres parties de la formation; c'est pourquoi je distingue respectivement les deux divisions par le *Ticholeptus* ou le *Procamelus*.

J'ai déjà cité les assises à *Megalonyx* comme l'équivalent, à l'est de l'Amérique du Nord, des couches à *Equus* de l'Orégon et de la Californie, mais toutefois avec des différences tellement importantes que les deux formations ne peuvent être identifiées. Ces différences sont développées dans les listes données ci-dessus, pour lesquelles la faune des couches à *Megalonyx* a été fournie par l'exploration des cavernes dans la Pensylvanie [2], la Virginie et l'Illinois. Les restes de cette faune ne sont nullement restreints aux cavernes, mais ils se

[1] *Proc. Amer. Phil. Soc.*, 1877.
[2] *Loc. cit.*, 1871.

retrouvent dans les marécages et dans les argiles pliocènes. Les genres éteints qui caractérisent ces assises sont: *Megatherium*, *Megalonyx*, *Castoroïdes* et *Arctotherium*, et les genres qui n'ont pas vécu plus longtemps dans l'Amérique du Nord sont : *Hydrochœrus* et *Tapirus*.

En résumé, on doit reconnaître que les lacunes dans les séries sur l'un des continents nous rendent dépendants de l'autre pour la complète élucidation des lois de la création dans la vie animale. La phylogénie peut ainsi être reconstruite, ce qui autrement demeurerait impossible, et les résultats des recherches sur les plus anciens types des vertébrés deviennent plus clairs. Par là j'ai pu prouver, à l'appui d'une thèse publiée en 1874, que les premiers mammifères ongulés étaient pentadactyles et plantigrades. J'ai aussi démontré que l'articulation tarsienne n'avait pas, chez les mammifères primitifs, le caractère de charnière qu'elle possède chez leurs successeurs, mais qu'elle est dénuée de l'articulation supérieure. L'étroit volume du cerveau chez les premiers mammifères avait déjà été signalé par Lartet. Ce fait a reçu une confirmation plus étendue par les recherches de Marsh, qui a aussi montré la croissance progressive des dimensions du corps entier dans les diverses lignées de mammifères. A ces résultats j'en ajoute maintenant un autre, fruit de l'étude de nombreux vertébrés permiens, à savoir que les plus anciens vertébrés marcheurs ont eu une notocorde persistante [1]. (Vifs applaudissements.)

M. Gaudry. Après les intéressantes communications de M. Cope, je peux annoncer au Congrès que M. Roche vient de trouver dans le permien d'Igornay (Saône-et-Loire) des vertèbres de reptile qui indiquent le même degré d'évolution que celles de *Rhachitomus* signalées par M. Cope dans le permien du Texas. Ces pièces m'ont été remises par M. Vélain; je les attribue au genre *Actinodon* que j'ai décrit il y a une dizaine d'années. On y remarque un centrum composé de trois parties bien distinctes et non encore soudées; une partie inférieure et deux parties latérales, entre lesquelles est un vide qui devait être occupé par la notocorde encore persistante. On ne saurait rien rencontrer de plus instructif pour l'histoire de l'évolution du type vertébré que cette disposition; en voyant les vertèbres d'*Actinodon*, on serait tenté de dire que l'Auteur de la nature est pris sur le fait, à la fin des temps primaires, au moment où il va achever l'ossification des vertèbres, ébauchée dans les animaux des temps dévoniens. Il est curieux d'apprendre qu'en Amérique et en Europe les mêmes stades d'évolution se sont présentés vers la même époque.

M. Matheron. Messieurs, la communication de M. Cope peut être envisagée à deux points de vue : le point de vue stratigraphique et le point de vue paléontologique.

Je n'ai pas entendu, à mon grand regret, la communication tout entière; mais, suivant moi, la question stratigraphique qu'elle soulève est très importante. Il paraît démontré qu'il existe en Amérique de grands dépôts d'origine lacustre, à l'égard desquels il est aussi difficile de préciser la zone où se termine le terrain crétacé et où commence le terrain tertiaire, qu'il est im-

[1] *American Naturalist*, mai 1878.

possible de savoir au juste où finit ce dernier terrain et où commencent les couches quaternaires, caractérisées vers leur base par les vestiges de chameau dont a parlé M. Cope. Cela est d'une grande importance pour la stratigraphie de l'Amérique comparée à celle de l'Europe, parce que dans le midi de la France on trouve des couches lacustres qui sont entre elles dans la même position relative. Il existe, en effet, dans notre Midi, de grands dépôts lacustres qui ont été considérés, par tout le monde et par moi-même, pendant longtemps, comme des couches tertiaires. Elles sont aujourd'hui réputées crétacées par suite de l'étude comparative que j'en ai faite, et dont j'ai présenté les conclusions résumées dans la réunion extraordinaire de la Société géologique tenue à Marseille en 1864.

Or, là où il y a séparation complète, due à la différence de nature des milieux dans lesquels se sont déposées les couches qui recouvent ces dépôts lacustres crétacés, il ne peut y avoir de doute sur la ligne de démarcation entre le crétacé et le tertiaire. Il est certain, en effet, que lorsqu'on trouve, par exemple, au-dessus d'une couche lacustre, des couches marines dépendant de la grande formation nummulitique, telle qu'elle existe dans les Pyrénées, dans la Montagne Noire, en Égypte, dans l'Inde, etc., la ligne de démarcation n'est pas difficile à préciser. Mais lorsqu'on est en face d'une grande série d'assises toutes lacustres qui commencent dans le terrain crétacé et qui finissent tantôt par le tertiaire moyen et tantôt par des couches encore plus récentes, la distinction devient au contraire très difficile.

C'est justement le cas qui se présente, notamment dans le département des Bouches-du-Rhône, où l'on rencontre des couches lacustres évidemment crétacées auxquelles succèdent, en stratification concordante, d'autres couches lacustres qui appartiennent incontestablement à l'éocène inférieur, sans qu'il soit cependant possible de préciser le point où finissent les unes et où commencent les autres.

Voilà pourquoi j'estime qu'il y a, entre certains exemples fournis par la région méridionale de la France et celui dont vient de nous entretenir M. Cope, une analogie qui me paraît demander une étude comparative très approfondie.

La communication de M. Cope n'est pas moins intéressante au point de vue paléontologique. Les moments du Congrès sont trop précieux et trop comptés pour que je puisse me permettre d'entrer à cet égard dans des détails. Toutefois, je ne puis me dispenser d'appeler votre attention sur les rapports qui existent aussi entre l'Amérique et le midi de la France, au point de vue de ces animaux gigantesques dont nous a parlé M. Cope. On rencontre en effet, dans quelques-unes des zones du crétacé lacustre du midi de la France, des vestiges de plusieurs reptiles de grande taille, dont l'un, que j'ai fait connaître en 1869 sous le nom d'*Hypselosaurus*, ne devait pas avoir moins de 12 à 14 mètres de longueur.

Je regrette que le temps me manque pour décrire quelques-uns de ces animaux et pour montrer de la sorte l'analogie qui les rapproche de plusieurs des types que M. Cope a bien voulu faire passer sous nos yeux.

M. le Président. Je remercie, au nom de l'assemblée, M. Cope, pour sa

communication pleine de faits si intéressants et si importants par les comparaisons établies entre les deux mondes. Je remercie également nos savants confrères qui ont bien voulu, à cette occasion, nous fournir des éclaircissements nouveaux. (Vifs applaudissements.)

La parole est à M. Gosselet.

DE LA SYNONYMIE DES ESPÈCES

AU POINT DE VUE DU DROIT DE PRIORITÉ.

M. Gosselet. Pour épargner les moments du Congrès, je laisse de côté toute digression historique. Je me borne à rappeler ce que chacun de nous sait, ce qu'il déplore: c'est la multiplicité des noms donnés aux mêmes espèces fossiles et la difficulté de la synonymie.

La cause en est diverse.

D'abord, nous ne sommes pas tous d'accord sur l'identification des termes: tel paléontologiste est disposé à réunir sous un même nom les formes qui ne présentent entre elles que de très légères différences; tel autre, au contraire, fait de ces formes autant d'espèces et leur donne autant de noms.

C'est un sujet qui pourrait faire l'objet de discussions fort intéressantes, mais qui ne peut être réglé par un Congrès; il est livré à l'appréciation scientifique des naturalistes, et les décisions que nous pourrions prendre seraient certainement repoussées soit par les uns, soit par les autres.

D'autres fois, une même espèce prend plusieurs noms, soit qu'elle ait été décrite en même temps par plusieurs paléontologistes, soit que, décrite une première fois d'une manière incomplète, elle n'ait pas été reconnue par les savants qui s'en sont ensuite occupés.

Tout le monde a senti les inconvénients de ces noms multiples. On a jugé qu'on devait faire un choix et qu'il était juste de donner à l'espèce fossile le nom qui lui a été imposé par le premier descripteur. C'est ce qu'on a appelé *le droit de priorité*. Mais ce droit lui-même est devenu un abus.

D'abord quelques auteurs, pour s'assurer de la propriété d'un nom, se sont bornés à une description très courte, de quelques lignes à peine, tout à fait insuffisante pour permettre aux autres savants de reconnaître le fossile dont ils ont voulu parler. Quelques-uns même se sont contentés de publier des listes avec des noms nouveaux, sans y joindre aucune caractéristique. Ce dernier procédé me paraît ridicule et même indélicat, car, après avoir lu ces listes, on cherche en vain sur les fossiles cités une étude sérieuse, lorsqu'il n'y a souvent qu'un nom mis au bas d'un carton.

Ainsi, un des inconvénients du droit de priorité est de faire naître des désignations insuffisantes qui doivent, de l'avis de tous, être considérées comme non avenues, et ne constituer aucun titre. Mais qu'est-ce qu'une description suffisante? Y a-t-il des règles pour la reconnaître? On ne peut laisser aux intéressés la solution de cette question.

Ne pourrait-on pas établir une sorte de tribunal pour prononcer un jugement en cas de désaccord, ou même un bureau paléontologique à qui chaque

créateur d'espèce nouvelle devrait envoyer ses travaux. Ce bureau n'aurait pas à les juger scientifiquement; il n'aurait pas à dire : telle espèce est bonne ou mauvaise; il n'aurait même pas à reconnaître si elle a déjà été décrite; il se bornerait à publier le nom de toutes les espèces suffisamment décrites, à tenir une sorte de registre d'état civil des fossiles. Cette publication trouverait certainement assez d'abonnés pour payer la dépense qu'elle occasionnerait.

Un autre inconvénient du droit de priorité tel qu'on le comprend, c'est d'amener à changer les noms les mieux établis et admis d'un consentement unanime.

Est-ce que nous n'avons pas vu la *Nerita conoïdea* transformée en *Nerita Schemidelliana*, l'*Ananchytes* changé en *Echinocorys*, et bien d'autres? J'entends même dire que le nom vénérable et sacré entre tous d'*ammonite* se trouve menacé d'être rayé de la langue géologique, et tout cela au nom du droit de priorité!

Or, ce droit de priorité a été établi en vue d'un double but: d'abord c'est une justice rendue aux auteurs; mais aussi et surtout il a été établi dans un but d'utilité pour les travailleurs qui viennent ensuite. C'est la règle qui doit leur servir pour se reconnaître dans la synonymie. Si cette règle vient à chaque instant changer leurs habitudes; si cette règle, au lieu de simplifier la synonymie, ne sert qu'à la compliquer, on peut, sinon blâmer la règle, dire au moins qu'on en fait un usage abusif.

Le tribunal dont je parlais tout à l'heure pourrait aussi prononcer dans ce cas. Il pourrait, tout en rendant hommage aux études des anciens, aux recherches archéologiques des modernes, déclarer que, dans l'espèce, il y a plus d'inconvénients que d'avantages à modifier un nom universellement établi.

Je demande donc la création d'un jury international auquel seraient soumises toutes ces questions de priorité ressortissant à la paléontologie. Ce jury ne devra pas décider des questions scientifiques. Si l'identification de plusieurs espèces voisines n'est pas admise par tous, il pourra néanmoins prononcer un jugement; mais le jugement ne sera obligatoire que pour ceux qui admettront l'identité.

Je m'explique par quelques exemples.

Tous les paléontologistes sont, je crois, d'accord pour admettre que les noms de *Sprifer Verneuili*, de *S. disjunctus*, de *S. calcaratus*, désignent la même espèce, et cependant on adopte tantôt un nom, tantôt un autre. Tel nom est admis en France, tel autre en Angleterre.

Le jury pourrait décider celui que l'on doit adopter, et je doute qu'un seul géologue se refuse à accepter sa décision.

Je ferai la même observation en ce qui concerne les noms de *Strophomena depressa*, *Str. analoga*, *Str. rhomboïdalis*. Beaucoup de paléontologistes admettent que tous ces noms appartiennent à la même espèce. Lequel choisir? Au tribunal de décider. Mais il est bien évident que son jugement ne sera pas obligatoire pour ceux qui pensent que ces trois noms désignent trois espèces différentes.

M. Jannettaz. Je suis entièrement de l'avis de M. Gosselet. Je crois même qu'on pourrait étendre cette observation à la minéralogie.

Notre Congrès est un Congrès des sciences géologiques. Nous y avons compris la minéralogie et la paléontologie. Les critiques de M. Gosselet peuvent s'appliquer indistinctement à toutes les sciences naturelles.

En minéralogie, il arrive à chaque instant qu'un savant donne un nom à une matière minérale sans avoir fait aucune analyse, sans l'avoir décrite; il lui donne un nom qui s'imposera plus tard dans la science, ce qui complique les choses. Les descriptions deviennent plus longues : elles sont surtout embarrassées par des noms multiples pour une même espèce; ou bien un nom employé d'abord pour une espèce est employé ensuite pour une autre, ce qui produit une fâcheuse confusion. Une commission serait par conséquent utile, et elle fonctionnerait aisément pour plusieurs sciences à la fois. A première vue, il me semble que l'on pourrait convenir qu'un nom ne serait jamais accepté d'une manière définitive que si l'espèce était décrite, et qu'en outre, dans un but honorifique, ce nom pourrait être celui du savant qui l'aurait découverte.

Ces noms d'hommes ont l'avantage, sur les noms scientifiques, de ne rien préjuger des qualités de la matière. Ils sont sans inconvénient si plus tard on vient à trouver dans d'autres espèces telle propriété aussi bien ou mieux caractérisée que dans celle à laquelle, dans le principe, elle aurait pu servir à donner un nom caractéristique.

Prenons pour exemple une espèce très abondante : l'iolite, une pierre violette. Plus tard, Cordier y a découvert la propriété du dichroïsme et l'a appelée *dichroïte*. Cette pierre ne présente pas seulement deux, mais trois couleurs principales différentes, suivant les trois directions rectangulaires qu'on connaît; de plus, le polychroïsme est une propriété générale des corps colorés biréfringents. Aussi a-t-on fini par lui donner le nom de *cordiérite*.

En résumé, je crois, comme M. Gosselet, qu'une commission internationale rendrait de grands services aux sciences naturelles, si elle parvenait à faire déclarer hors d'usage tous les termes inutiles, et à faire adopter par tous des noms uniformes.

M. le Président. Conformément au règlement, la proposition de MM. Gosselet et Jannettaz sera examinée par le Conseil dans sa prochaine séance, et les résolutions ainsi préparées seront soumises ensuite à l'approbation du Congrès.

M. Marie Rouault a la parole pour une communication relative au silurien inférieur de la Bretagne.

SUR LES AMORPHOZOAIRES DU SILURIEN INFÉRIEUR.

M. Marie Rouault. J'appelle l'attention du Congrès sur un fossile que je crois nouveau. Il appartient aux schistes ardoisiers du terrain silurien inférieur qui se rencontre dans le centre de la Bretagne. Quoique les caractères de ce fossile soient assez variables, il affecte généralement la forme d'un cornet. Il est couvert sur ses deux faces d'oscules; plusieurs de ses variétés sont en outre recouvertes en tout ou en partie d'un nombre considérable de tubercules papu-

leux. Enfin on y trouve encore des gerçures qui viennent se croiser en tous sens et finissent par y déterminer autant de solutions de continuité.

Mais ce qu'il y a de plus remarquable dans cette espèce, c'est un système de petites lignes profondes qui couvrent toute sa surface en y dessinant des figures polygonales irrégulières. Ces lignes augmentent toujours en profondeur avec la taille de l'échantillon observé et cette réticulation couvre parfois toute la surface, interne et externe, de l'animal. Elle établit une séparation variable des petits espaces qu'elle délimite : elle peut devenir même assez marquée pour que l'isolement soit complet, et qu'il en résulte autant d'êtres nouveaux qu'il y a de parcelles ainsi isolées.

Ce fossile se multipliait donc par scissiparité. Les tubercules dont je parlais tout à l'heure occupent le milieu ou le centre de ces petites pièces ou tesselles; ils serviront de base au jeune sujet.

Les modifications des tesselles ont dû se faire rapidement : les angles et les arêtes se sont émoussés, et la forme discoïde a été la première chez le jeune sujet; puis ensuite une concavité s'est formée à la face qui sera la face interne, et, avec le temps, le petit être devient semblable à sa mère.

Plusieurs variétés se terminent par un tubercule arrondi dont l'extrémité est entièrement ronde.

Je crois que la composition de cet être était simple; il a beaucoup de rapports avec les éponges, mais il n'adhérait pas au sol comme les éponges et n'avait pas d'autres organes, pour la nutrition et la respiration, que des canaux traversant le test dans tous les sens et venant s'ouvrir à l'extérieur par de petits orifices ou oscules.

Je crois qu'on pourrait le placer à la suite de la dernière éponge fossile.

C'est une variété très simple dans son organisation, variable dans ses formes qui néanmoins sont toujours symétriques, à part quelques sujets qui sont sans caractère bien tranché.

J'ai fait un grand nombre de figures pour représenter toutes les manières d'être de ces fossiles. Je les dépose sur le bureau, à la disposition de ceux de nos collègues qui voudront en prendre connaissance, et je me borne à résumer les conclusions que mes études détaillées m'ont conduit à formuler.

D'après l'ensemble des traits que je viens de faire connaître, se rapportant soit à la forme et à ses variétés, soit aux caractères qui se présentent à l'extérieur ou à l'intérieur du test de ces fossiles, les conclusions sont faciles à déduire.

Le parallèle à établir entre cette organisation si simple en elle-même et celles qui avoisinent ou même constituent la base de l'échelle animale, me paraît chose des plus simples à faire.

En effet, par la comparaison de tous les caractères que j'ai constatés sur cette forme nouvelle, rapprochée des dernières classes du règne animal, il nous deviendra possible, peut-être, de connaître la valeur de ceux qui nous seront offerts ici, comme aussi d'aider à fixer la place de cette organisation si singulière.

Assurément, celle-ci ne peut être supérieure aux animaux qui forment la classe des zoophytes, et je doute même très fort qu'elle puisse y être jamais introduite.

Chez les zoophytes, en effet, le corps, de nature gélatineuse, a la forme d'un sac dont la cavité joue le rôle d'estomac, et l'orifice qui tient lieu de bouche est entouré de tentacules qui, le plus généralement, sécrètent une loge de nature calcaire que l'on désigne sous le nom de *polypier*. Enfin ils se reproduisent par des œufs chez ceux qui sont libres, par des bourgeons chez ceux qui demeurent fixés au sol, et par fissiparité chez ceux de ces derniers qui forment des agrégations.

Ici les Calix non seulement ne m'ont présenté rien de comparable à cet ensemble de caractères, mais même rien qui pût permettre de croire qu'aucun d'eux ait pu exister chez ce fossile.

Il n'est guère plus facile de les comparer aux Foraminifères qui, comme le dit excellemment M. Pictet, sont composés d'une masse vivante, de consistance gélatineuse, qui se sécrètent néanmoins une coquille et qui sont pourvus de filaments contractiles servant même à la reptation.

Il n'est pas plus possible de les comparer aux infusoires qui sont susceptibles de se montrer pourvus de cils vibratiles propres à la reptation, la natation, la respiration et la nutrition, et qui se multiplient par fissiparité spontanée; pouvant exécuter des mouvements réguliers, ces infiniment petits êtres ont encore la faculté de pouvoir procéder à leur multiplication par fissiparité. Il n'est guère plus aisé de les comparer aux éponges, et, bien que celles-ci cependant semblent plus facilement permettre une sorte de rapprochement, ce rapprochement ne sera jamais suffisant pour autoriser à faire entrer ce nouveau genre dans aucun des groupes établis chez les éponges connues.

En effet, nous voyons que dans le premier groupe, celui qui comprend les éponges vivantes, les espèces se distinguent: par un squelette corné ou cartilagineux, à réseau régulier ou irrégulier; par la faculté qu'elles possèdent d'accroître ce squelette, de se créer à l'intérieur des lacunes qui se ramifient dans tous les sens, de sécréter des spicules tantôt calcaires, tantôt siliceuses; de plus, elles sont susceptibles de se multiplier par digitation, c'est-à-dire de se perpétuer sur place par des bourgeons, chacun d'eux devenant un *Corythe* [1] distinct. Elles demeurent fixées au sol par un épatement qu'elles créent elles-mêmes, et finalement, leur forme, dont l'aspect est propre à l'espèce, n'est

[1] Sous ce nom, je désigne l'ensemble du corps sous quelque forme qu'il se présente, du moment que d'évolutions en évolutions il est arrivé à une forme de laquelle il ne se départira pas, à moins d'une cause fortuite.

De même que chez les éponges, le corps des Calix a la forme d'un vase quelconque, c'est-à-dire qu'il offre toujours deux surfaces opposées : l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur. Cette forme, quelle qu'elle soit, n'a aucun rapport avec celles que nous offrent les Zoophytes et que l'on désigne sous le nom de Polypiers, encore moins avec ce que chez les Crinoïdes on nomme le Calice; dans l'un comme dans l'autre de ces deux derniers cas, cette partie plus ou moins solide n'est qu'une partie intégrante de l'animal; ici, au contraire, elle est à elle seule l'animal lui-même.

J'ai cru devoir adopter le nom de Corythe comme définissant mieux l'être indivisible et je le donne également à toutes les divisions ou digitations des éponges, dès lors que celles-ci présentent à leur extrémité une cavité analogue à celle de la mère commune. Je citerai comme exemples, parmi les fossiles, les *Eudea*, les *Lymnorea*, etc. etc., et parmi les vivantes, toutes celles qui sont digitées, mamelonnées, etc. etc. Pour moi, dans toutes ces éponges, le sujet est un être collectif.

jamais symétrique. Enfin, celles dont le squelette est cartilagineux ont la faculté de ronger les pierres ou les coquilles et de s'y creuser des canaux.

Chez les éponges dont le squelette est pierreux, la forme, presque toujours très symétrique, est peu variable dans l'espèce. Chez certaines d'entre elles, la multiplication sur place par bourgeonnement est manifeste; plusieurs également se montrent sur une certaine étendue de leur surface couvertes d'une épithèque proprement dite.

Il ne nous reste donc plus maintenant qu'à rechercher quels pourraient être les rapports entre les caractères que nous venons de voir chez les éponges et ceux que nous présentent les Calix, afin de voir jusqu'à quel point il serait possible de les rapprocher les uns des autres, ou quelle peut être la distance qui les sépare.

Les éponges qui, comme le dit très bien M. Milne-Edwards, ont une structure analogue à la portion commune de certains polypes agrégés, s'en distinguent essentiellement en ce qu'elles ne renferment rien d'analogue à la portion individuelle de ces animaux.

En conséquence, les éléments sur lesquels on a pu s'appuyer pour les diviser en groupes naturels, autant qu'il était possible de le faire, la masse animale étant toujours la même, ne pouvaient être fournis, comme le dit Al. d'Orbigny avec infiniment de raison, que par les caractères présentés par la charpente elle-même, et, en second lieu, par les diverses formes qu'elle affecte.

A l'aide de cette base une fois admise, les éponges ont donc été distribuées en trois groupes, qui sont les suivants: 1° groupe des éponges à squelette corné; 2° groupe des éponges à squelette cartilagineux; et 3° groupe des éponges à squelette testacé.

Le premier de ces groupes, celui qui comprend toutes les espèces vivantes et dont le squelette est corné, moins le Cliona nécessairement, est composé d'espèces dont la forme peu symétrique présente néanmoins un aspect qui ne permet jamais de les confondre et dont la charpente, grâce aux modifications qu'elle offre dans sa composition, a donné à M. Fleming le moyen d'établir des divisions rationnelles. Ainsi, pour lui, le squelette des espèces du genre *Spongia* serait totalement privé de spicules; ceux du genre *Calispongia* seraient pourvus de spicules calcaires, tandis que ceux du genre *Halispongia* auraient des spicules siliceuses. D'un autre côté, les savants travaux de M. Grant nous apprennent, en outre, que les éponges se reproduisent à l'aide d'œufs, et que les jeunes sujets qui en sortent sont munis de cils vibratiles, se meuvent librement dans le liquide et ne se fixent qu'après avoir subi leur dernière évolution.

Rien à dire ici des espèces qui composent le groupe des éponges dont le squelette est cartilagineux: elles vivent dans les pierres et les coquilles dans lesquelles elles pénètrent et où elles passent toute leur existence; dans leur étude, il serait difficile de trouver le plus petit terme de comparaison.

Il n'en est pas de même des éponges fossiles composant le troisième groupe: celui des éponges dont le squelette est testacé. Ici, au contraire, bien que la forme et la nature testacée du squelette puissent seules nous venir en aide,

je constate néanmoins qu'on en tire de puissants arguments. En effet, chez toutes les éponges fossiles, à part quelques espèces qui sont amorphes, la forme bien régulière, le plus souvent très symétrique, est à très peu de chose près constante dans l'espèce, et les différences que l'on pourrait y découvrir ne permettraient jamais la plus petite erreur dans la détermination spécifique. Un autre fait qui n'est pas non plus sans valeur, c'est que, de même que les éponges vivantes, les éponges fossiles, toutes ou presque toutes, vivaient fixées au sol.

D'après ce que nous venons de voir, il devient facile de reconnaître à première vue que mon espèce fossile ne saurait rentrer ni dans l'un ni dans l'autre de ces groupes. En faisant ici abstraction complète des Cliona avec lesquels je n'ai absolument rien à démêler, en m'en tenant seulement à celles qui me présentent des rapports possibles, je dirai que, chez toutes les espèces connues, vivantes ou fossiles, il existe un squelette, ce qui manque absolument chez les Calix; ensuite, que les éponges avaient la faculté d'accroître ce squelette, comme elles ont eu celle de le construire; que, d'un autre côté, d'après les travaux de M. Grant, les éponges vivantes avaient également la faculté de se reproduire par des œufs, ce qui doit probablement avoir eu lieu chez les éponges fossiles, fait le plus favorable à la conservation de la forme dans l'espèce. Or, on sait sous ce rapport à quel moyen on était réduit ici. Enfin, comme dernière preuve, et preuve irrécusable assurément, presque toutes les éponges vivantes et fossiles ont vécu fixées au sol, tandis que les Calix ont été complètement libres.

Il devient évident dès lors qu'entre les éponges connues, vivantes ou fossiles, et les Calix, aucun rapport ne saurait exister encore ici.

Il est bien entendu, cependant, que je ne prétends pas nier la possibilité de quelques exceptions, telles que celle des Cliona; peut-être pourra-t-il s'en trouver d'autres? Toujours est-il que par l'immense majorité des faits acquis, ma raison est ici fondée.

Maintenant que j'ai démontré qu'il n'était pas possible de faire entrer ce genre de fossiles dans l'une des divisions établies parmi les éponges connues, il ne me reste plus qu'à trouver la place qu'il doit occuper dans l'échelle animale.

Le Calix se rapproche des éponges d'abord par sa nature qui est de la plus grande simplicité, étant comme elles privé de toute espèce d'organes de nutrition, de respiration et de reptation; il s'en rapproche encore par la forme générale du corps, par la faculté de se créer des moyens supplémentaires pour la nutrition et la respiration, en se créant des oscules et des canaux. Mais il s'en sépare profondément par la variabilité de sa forme due à la variabilité des moyens de sa reproduction qui, eux, ne sont dus qu'à des causes tout à fait fortuites, tandis que les éponges qui peuvent tout aussi bien se reproduire par la fissiparité accidentelle, ont en outre la faculté de se reproduire par des ovules.

Il s'en sépare encore nettement en ce sens qu'il est complètement libre, et que les éponges sont généralement, pour ne pas dire constamment fixées au sol.

Je conclus donc qu'entre des organisations séparées par un ensemble de

caractères aussi marqués, le rapprochement ne me semble possible que dans la mesure exprimée par le tableau suivant :

					FAMILLES.
CLASSE des AMORPHOZOAIRES.	1re SOUS-CLASSE. SPONGIAIRES.	Fixées sur les rochers.....	Squelette corné.	Sans spicules..	SPONGIDÆ.
				Avec spicules calcaires...	CALCISPONGIDÆ.
				Avec spicules siliceuses...	HALISPONGIDÆ.
		Fixées sur les pierres et les coquilles...	Squelette cartilagineux.	Sans spicules..	CLIONIDÆ.
		Fixées sur les rochers....	Squelette testacé.	Sans spicules..	OCELLARIDÆ.
				Sans spicules..	SIPHONIDÆ.
				Sans spicules..	LIMNOSPONGIDÆ.
				Sans spicules..	SPARSISPONGIDÆ.
				Sans spicules..	AMORPHOSPONGIDÆ.
	2e SOUS-CLASSE. APODOSPONGIAIRES.	Libres.....	Squelette nul.	Sans spicules..	CALIXIDÆ.

Je ne crois pas, en effet, à la possibilité d'unir le Calix aux Spongiaires aussi intimement que le sont entre eux les divers groupes qui composent la classe des éponges. Mais en tenant compte de tout ce qui les rapproche, je crois à la nécessité de les grouper dans un ensemble dont le Calix, eu égard à son organisation plus infime, serait le dernier élément.

C'est devant cette impérieuse nécessité que, ne pouvant le faire rentrer dans le cadre des Spongiaires tel qu'il a été établi par les savants qui m'ont précédé, j'ai l'honneur de soumettre à l'appréciation des personnes les plus compétentes et la place que j'assigne à mon fossile, et la disposition méthodique que j'indique dans le tableau précédent.

M. le Président. L'ordre du jour appelle maintenant la communication de M. de Mortillet sur la classification des terrains quaternaires, à l'aide des caractères fournis par la paléontologie, l'archéologie et la météorologie préhistorique.

CLASSIFICATION DES TERRAINS QUATERNAIRES.

M. de Mortillet. Les terrains quaternaires, bien que les plus récents et les plus apparents, puisque ce sont ceux qui recouvrent tous les autres, sont pourtant les moins connus. Cela tient à ce que ces terrains ont tous un aspect analogue. Ce sont, à peu près exclusivement, des dépôts alluvionneux formés de sables, de graviers, de cailloux ou bien de limons. En outre, par suite de nombreux remaniements, leur stratification est peu constante et peu régulière.

Il faut tout d'abord bien définir ce qu'est la période quaternaire. La période quaternaire est la période de transition entre la dernière faune complète de mammifères terrestres éteints et la faune actuelle. Elle est donc caractérisée par un mélange de mammifères terrestres appartenant à des espèces fossiles et à des espèces vivantes. Le quaternaire commence avec l'apparition de l'homme dans nos régions.

A l'époque quaternaire, les grandes lignes orographiques étaient déjà dessinées. Les dépôts de cette époque occupent donc le fond et les flancs de nos

vallées, mais ils ne s'élèvent que jusqu'à une certaine hauteur. Ces vallées ont été plus ou moins approfondies pendant la période quaternaire, de sorte que les dépôts du fond, par conséquent les plus bas, se trouvent ordinairement être plus récents que ceux des niveaux plus élevés. En outre, les terrains quaternaires, étant généralement très meubles, sont facilement remaniés. C'est ce qui rend leur classification fort difficile au moyen de la seule stratification.

Pour arriver à une classification sérieuse, j'ai donc eu recours non seulement à la stratification, mais encore à la paléontologie, à l'archéologie, et même à la météorologie préhistorique. Grâce à cet ensemble de recherches, je suis arrivé à diviser les terrains quaternaires en quatre époques, dont trois surtout sont parfaitement caractérisées.

Ce sont :

L'époque préglaciaire (climat chaud et humide, quaternaire inférieur);

L'époque glaciaire (climat froid et humide, quaternaire moyen);

L'époque de retrait des glaciers (plus chaude et sèche, fin du quaternaire moyen);

L'époque postglaciaire (froide et sèche, quaternaire supérieur).

En étudiant les dépôts quaternaires les plus anciens, les dépôts des hauts niveaux, nous trouvons que le mammifère le plus caractéristique est l'*Elephas antiquus*, le plus ancien des éléphants quaternaires. Dans les dépôts bien caractérisés il est seul, puis il s'allie à l'*Elephas primigenius* ou mammouth, et finit par disparaître.

L'*Elephas antiquus* est accompagné d'un rhinocéros spécial, le *Rhinoceros Merkii*. Ce sont là deux proboscidiens, à peau nue, qui certainement avaient besoin pour vivre d'une température, sinon tropicale, au moins tempérée.

Ils sont associés à un hippopotame identique avec l'*Hippopotamus amphibius*, ou qui en est au moins extrêmement voisin. Or, nous savons que cet hippopotame passe une partie de son existence dans l'eau. Il a besoin de bains. Il n'aurait donc pas pu vivre dans un climat assez froid pour faire geler les bassins et cours d'eau.

Un autre mammifère, le chevreuil (*Cervus capreolus*), nous fournit encore des données plus précises sur la température de cette époque. Le chevreuil se rencontre dans nos terrains quaternaires anciens, associé à l'*Elephas antiquus*. Eh bien! la zone d'habitation du chevreuil est parfaitement connue. Nous savons qu'il ne peut vivre ni dans les pays trop chauds ni dans les pays trop froids; nous savons aussi qu'il aime les climats humides. La température de l'époque préglaciaire était donc tempérée, mais assez chaude et assez humide.

Cette humidité est confirmée par le grand nombre de dépôts tuffeux qui se rapportent à cette époque, dépôts qui, dans bien des cas, se voient sur des points actuellement privés d'eau.

La flore de ces tufs, si bien étudiée par notre collègue M. de Saporta, vient confirmer les données climatologiques que j'ai déduites de la faune.

Dans les plus anciennes alluvions quaternaires, intimement associées aux débris de la faune de climat chaud, avec les ossements de l'*Elephas antiquus* et du *Rhinoceros Merkii*, nous trouvons déjà des silex taillés intentionnellement.

Le fait est indubitable et démontre qu'à cette époque, dès le commencement du quaternaire, il existait déjà un être intelligent. Cet être intelligent était l'homme, comme le prouvent les débris de crâne de Neanderthal, de Canstadt, d'Eguisheim, de Brux, de Denise; le sommet de fémur de Neanderthal et la mâchoire de la Naulette. Mais cet homme était plus différent du Cafre et de l'Australien que ces derniers ne diffèrent de l'Européen. Il était plus fort et plus trapu que l'homme actuel; la tête, fort allongée, avait la partie postérieure très développée et la partie antérieure très rétrécie; le front étroit, surbaissé et fuyant, n'avait pas de hauteur; les arcades sourcilières étaient fort développées; la ligne du menton, au lieu d'être projetée en avant, tombait perpendiculairement; enfin ce premier homme avait tous les caractères d'un être très inférieur.

De fait, son industrie était fort simple. Elle se bornait à un seul objet qui servait tout à la fois d'arme et d'outil; c'est une pierre, généralement un silex, taillé à grands éclats sur les deux faces, de forme amygdaloïde, plus ou moins allongé, arrondi à la base, pointu au sommet et aminci sur les bords. Cet instrument, qui se tenait à la main, servait pour tailler, scier, creuser. C'était l'outil à tout faire. Les ouvriers des carrières de la Somme l'ont appelé *langue de chat* à cause de sa forme et de sa rugosité. Généralement on le désigne sous le nom de *hache de Saint-Acheul* ou *hache acheuléenne*, de la localité qui en a le plus fourni. Ce n'est pas à proprement parler une hache. Comme il se tenait à la main, je l'ai nommé *coup-de-poing*.

Saint-Acheul n'est pourtant pas le gisement le plus caractérisé, le plus typique de cette époque. Il y a déjà passage. A l'*Elephas antiquus* se trouve associé l'*E. primigenius* ou mammouth. Avec l'instrument unique, si spécial, se voient déjà quelques autres instruments plus simples, d'un usage plus restreint.

Dans les environs de Paris, Chelles nous offre un exemple bien plus pur, bien plus tranché. Près du bourg, on a ouvert de grandes ballastières à l'usage du chemin de fer. Or, dans ces ballastières les débris d'éléphants ne sont pas rares, mais se rapportent exclusivement à l'*Elephas antiquus*. Ils sont accompagnés de dents et ossements de *Rhinoceros Merkii* et de chevreuil. En fait de silex taillés, il n'y a que des haches acheuléennes.

Les alluvions quaternaires de Chelles représentent pourtant une période fort longue. Non seulement elles ont plusieurs mètres de puissance, mais encore elles sont divisées en deux assises bien distinctes. Une couche de graviers agglomérés formant une espèce de poudingue sépare les deux assises. Il y a certainement eu là, pendant l'époque préglaciaire, changement de régime des eaux. Une première assise d'alluvions sableuses et caillouteuses s'étant déposée, les eaux se sont déplacées. Ces alluvions, comme toujours, se sont recouvertes de limons ou lehm. Les eaux des pluies, décantant pendant longtemps le calcaire contenu dans ce lehm, l'ont transporté molécule par molécule jusque dans les sables et cailloux, où il a formé le ciment du poudingue. Cette action physico-chimique produite, les eaux ont repris leur ancien régime, ont balayé le limon et ont déposé la seconde assise d'alluvions sableuses et caillouteuses qui, elle aussi à son tour, s'est recouverte de lehm.

Eh bien! tout cet ensemble appartient à l'époque préglaciaire comme le

démontre la faune qui est la même de bas en haut. Les haches acheuléennes se trouvent aussi à tous les étages. Il y en a jusqu'à la base de l'assise inférieure. A cause du lavage du premier lehm, elles sont assez nombreuses à la surface de la couche agglomérée, mais on les retrouve dans les divers niveaux de l'assise inférieure, et même dans le lehm qui couronne le tout.

La seconde époque est caractérisée par un important refroidissement de la température et une très grande humidité qui ont occasionné un immense développement des glaciers. C'est l'époque glaciaire. Par suite de l'humidité, les cours d'eau se sont largement développés; aussi ont-ils produit de grandes dénudations et d'abondantes alluvions. Ces alluvions se sont déposées sur les parois inférieures et surtout dans le fond des vallées dénudées. Ce sont les alluvions quaternaires des bas niveaux.

La diminution progressive de la température fait peu à peu disparaître la faune aimant la chaleur. Elle est remplacée par une faune pouvant supporter un climat beaucoup plus froid. L'*Elephas antiquus* fait place à l'*E. primigenius;* le *Rhinoceros Merkii* au *R. tichorhynus*. Ne vous étonnez pas de rencontrer encore à l'époque glaciaire un éléphant et un rhinocéros. Ces pachydermes, dont les analogues vivent tous maintenant dans les régions chaudes, étaient habillés de manière à supporter une température froide. Non seulement leurs soies étaient plus longues et plus nombreuses que dans les espèces vivantes, mais ils avaient encore tout le corps recouvert d'une toison épaisse.

Le chevreuil, que nous avons vu à l'époque préglaciaire, émigre : ce qui prouve que la température de nos régions était analogue à celle du nord de l'Europe; seulement, par suite de la grande humidité, les écarts de température entre l'hiver et l'été devaient être bien moins sensibles.

L'homme a continué à habiter nos pays; mais, par suite de l'abaissement de température, il a modifié ses habitudes; pendant l'époque préglaciaire, qui a été désignée par les paléoethnologues sous le nom d'*époque acheuléenne*, et qui le serait d'une manière bien plus exacte sous celui de *chelléenne*, en prenant le gisement de Chelles pour type; pendant cette époque, l'homme vit entièrement à l'air libre. A l'époque glaciaire, l'homme sent déjà le besoin de s'abriter contre le froid, et il commence à habiter les grottes.

C'est dans la grotte du Moustier (Dordogne), qu'on a tout d'abord recueilli et étudié l'industrie de l'homme de l'époque glaciaire; aussi a-t-on appelé cette époque *moustérienne*. La date géologique de l'industrie moustérienne et son synchronisme avec l'époque glaciaire sont parfaitement établis par le fait qu'on rencontre la même industrie, d'une part, dans les alluvions quaternaires des bas niveaux; de l'autre, avec la faune caractéristique de cette époque. Ainsi au Mont-Dol (Ille-et-Vilaine) et dans la brèche du Genay (Côte-d'Or), cette industrie est associée avec des débris de *Rhinoceros tichorhynus* et des débris plus nombreux encore de mammouth.

Il y a plus : cette industrie ne se rencontre pas dans les régions qui ont été envahies par les glaciers.

Le climat devenant plus rigoureux, les besoins de l'homme se sont accrus. Il a senti la nécessité de se couvrir davantage, de se créer des abris. Pour cela, son seul et unique outil, qui lui suffisait sous une température douce, est de-

venu insuffisant. Il a été forcé de perfectionner son outillage. C'est ce qu'il a fait en se créant des outils spéciaux pour les usages les plus importants. Les deux principaux et les plus caractéristiques sont : 1° une pointe formée d'un éclat de silex finement retaillé d'un côté et à un bout, mais lisse du côté opposé et sans retaille à la base; 2° un racloir (également éclat de pierre resté lisse sur une face, mais bien retaillé de l'autre côté en arc de cercle). A cela, il faut ajouter des lames servant de couteaux, des scies et quelques autres outils.

L'homme lui-même a subi des modifications dans ses formes et sa constitution. Malheureusement, nous ne possédons que très peu de ses débris : un crâne trouvé dans la grotte d'Engis, près de Liège, et le crâne de l'Olmo, vallée de l'Arno. Ces deux crânes suffisent pour nous montrer que la tête de l'homme s'était sensiblement modifiée. Elle est toujours allongée, mais moins que dans l'époque précédente. Le front est un peu plus large et surtout plus élevé. On peut dire qu'il fait défaut à l'époque chelléenne ou préglaciaire et qu'il commence à se dessiner à l'époque moustérienne ou glaciaire.

L'époque glaciaire a été extrêmement longue, incontestablement la plus longue de toutes les époques quaternaires. Pour s'en convaincre, il suffit de voir quelle a été l'extension des anciens glaciers. L'Exposition nous a fourni de précieux documents à cet égard. J'y ai apporté une carte manuscrite de Morlot, dressée en 1854, montrant l'extension des glaciers des Alpes suisses. M. Favre a repris ce travail et dressé des cartes bien plus complètes, plus précises, et sur une plus grande échelle. MM. Falsan et Chantre nous ont montré en détail l'extension des glaciers alpins du Rhône, de l'Arve et de l'Isère, quittant la Suisse et la Savoie pour venir largement s'étaler dans les plaines de France, jusqu'au delà de Lyon. M. Benoit a restauré le glacier du Rhône passant par-dessus le Jura et arrivant jusque sur le versant français. M. Rames nous a fait voir les glaciers du Cantal se ramifiant sur presque toute l'étendue du département de ce nom. Cette immense extension des glaciers a dû demander pour se former un temps en rapport avec ses énormes proportions. Bien plus, les colossales moraines terminales qui dessinent l'extrémité de ces glaciers, montrent qu'ils ont été fort longtemps stationnaires au moment de leur maximum de développement. En outre, ils ont éprouvé de grands mouvements d'oscillation, des retraits et des avancements successifs, mouvements si considérables que quelques géologues, trompés par l'ampleur du phénomène, ont cru y voir la preuve de deux époques glaciaires. Je le répète, toutes ces actions, pour se produire et se développer, ont nécessité un temps immensément long.

Les oscillations, les successions de temps d'action et de temps d'arrêt sont inscrites de la manière la plus évidente dans nos vallons par la succession des terrasses. Dans toutes nos vallées du Midi, on observe le long des cours d'eau trois séries de terrasses à des niveaux bien différents. C'est une preuve irrécusable de trois séries de repos et de trois séries d'actions violentes.

A la fin de l'époque glaciaire, il y a eu l'époque de la fonte des glaciers. C'est là une période de transition, peu tranchée géologiquement, dont je ne parlerais pas si elle n'était caractérisée par une étape spéciale de l'industrie humaine.

Comme climat, cette époque est marquée par un radoucissement de la

mpérature et la diminution de l'humidité. Sous cette influence, les glaciers ı retirent.

Comme faune, le mammouth persiste; il persistera encore au delà. Le ıinocéros a tout à fait disparu de notre pays. Le cheval, qui existait déjà ıx deux époques précédentes, se multiplie énormément: ce qui montre que herbe était vigoureuse et très abondante. En effet, les chevaux, pour se déve- pper beaucoup, ont besoin d'une nourriture copieuse, qui leur manquerait le sol restait longtemps couvert de neige.

Sous ce radoucissement de température, l'industrie de l'homme a pris un ouvel essor. Tout en n'employant encore comme matière première que la ierre, elle a diversifié la forme des instruments et surtout perfectionné leur ıbrication.

Le racloir moustérien, aux formes lourdes, s'est transformé en léger et élé- ınt grattoir, taillé en rond au sommet. La pointe moustérienne élémentaire ıt devenue une pointe du plus grand fini, aiguë aux deux extrémités et habi- ment retaillée sur les deux faces. On voit aussi apparaître des pointes de flèches ı de javelots admirablement taillées, avec une seule barbelure latérale.

La première localité où cette industrie a été observée est Laugerie-Haute Dordogne); mais, comme tout à côté se trouve Laugerie-Basse, riche station 'une autre époque, on n'a pu se servir comme caractéristique du nom de *Lau- rie* de crainte de confusion. On a donc appelé cette époque *époque de Solutré* ı *solutréenne*. En effet, Solutré est une localité bien caractérisée et bien étu- iée, où l'industrie en question se développe largement.

On a trouvé à Solutré des ossements humains. Malheureusement, comme ı station a servi de cimetière à l'époque mérovingienne ou carlovingienne, on e peut dire si ces os appartiennent à l'homme de l'époque solutréenne ou ils ont été ensevelis beaucoup plus tard au milieu du dépôt préhistorique. ous ne savons donc rien de l'homme de l'époque solutréenne. Cette époque, u reste, a été relativement de très courte durée.

La quatrième époque quaternaire, ou époque postglaciaire, a été caractérisée ar un retour au froid, mais à un froid très sec. Aussi, au lieu de se développer de nouveau, les glaciers ont plutôt continué à se retirer.

Comme faune, cette époque est surtout caractérisée par les animaux qui ont migré vers les régions froides du pôle ou du sommet des montagnes. Le renne tait surtout fort abondant. Il existait déjà à l'époque glaciaire; mais les neiges moncelées l'empêchaient, faute d'une nourriture hibernale suffisante, de se ıultiplier. A l'époque postglaciaire, le froid sec lui permettait de se nourrir, ıême en hiver, et il a pullulé.

Avec le renne, il y avait le saïga, le renard argenté, de nombreux tétras, ı chouette harfang, qui ont émigré vers le Nord. Les marmottes, les chamois t les bouquetins, de nos sommets neigeux, descendaient jusque dans nos laines.

Le mammouth devenait rare, pourtant il s'est maintenu jusqu'à la fin du uaternaire. Le fait est prouvé non seulement par la présence de ses débris dans es stations de l'époque postglaciaire, mais encore et surtout par des repré- entations, sculptures ou gravures, œuvre de l'homme de cette époque.

L'homme de l'époque postglaciaire, en effet, a accompli de grands progrès industriels. Jusqu'à l'époque solutréenne, tous les objets d'industrie qu'il nous a laissés sont en pierre. A partir de l'époque postglaciaire, nous voyons des objets en os, en ivoire et surtout en bois de cervidés s'associer aux objets en pierre. Ces derniers même sont en décadence, étant, dans bien des cas, remplacés par ceux fabriqués avec les autres matières. En même temps que les instruments et armes en os, nous voyons apparaître les œuvres d'art. Une partie de ces armes et instruments est ornée de gravures et de sculptures d'une exécution fort naïve, qui pourtant dénotent un véritable sentiment artistique.

Quel était cet homme, cet artiste? Nous ne le connaissons qu'imparfaitement, car, quoi qu'en aient dit certaines personnes, pendant tout le quaternaire l'homme n'a jamais enseveli ses morts. Le hasard peut donc seul nous fournir des documents. Il faut avouer qu'il ne nous a pas été très favorable. Pourtant le squelette d'un homme de l'époque postglaciaire a été trouvé dans la station de Laugerie-Basse (Dordogne). Cet homme a été écrasé par un éboulement pendant son sommeil. Néanmoins, son crâne et ses os sont assez bien conservés pour qu'on puisse en déduire d'importantes conclusions. Le diamètre longitudinal du crâne, que nous avons vu se rétrécir dans les crânes moustériens, est encore plus étroit dans le crâne de Laugerie-Basse. La tête n'est pas encore arrondie, mais le crâne est presque mésaticéphale, c'est-à-dire à demi long. Le front s'est développé presque à l'égal du nôtre. La boîte crânienne de l'artiste postglaciaire est donc à peu près aussi bien organisée que la nôtre. La face est large. Les orbites, au lieu d'être arrondies, sont étroites et allongées transversalement, ce qui les rend presque rectangulaires. Les os longs sont légèrement arqués, avec des empreintes musculaires très fortes. On voit que l'homme quaternaire a toujours été très vigoureux et qu'il s'est progressivement rapproché de nous.

La station de Laugerie-Basse a fourni de nombreux documents sur l'époque postglaciaire; pourtant, à cause de la similitude de nom avec la station de Laugerie-Haute, appartenant à l'époque précédente, on n'a pas pu la prendre pour type industriel et paléontologique. On a choisi celle de la Madeleine qui est aussi bien caractérisée et qui a fourni en abondance des débris de la faune et des objets d'industrie, parmi lesquels de remarquables objets d'art. La quatrième époque quaternaire a donc été appelée *époque de la Madeleine* ou *époque magdalénienne.*

Toutes les données contenues dans cette communication peuvent se résumer et se grouper dans le tableau qui la termine. Les considérations qui précèdent et les divisions qui en résultent, s'appliquent non seulement à la France, mais aussi à la Belgique, à la Suisse, à l'Allemagne et à l'Italie.

Pour le bassin de Paris, au chelléen appartiennent les alluvions des hauts niveaux; au moustérien, les alluvions des bas niveaux; au magdalénien, les dépôts désignés sous le nom de *diluvium rouge.* Quant au solutréen, qui représente une période relativement très courte, il est parfaitement défini par son industrie, mais très mal connu jusqu'à présent par ses dépôts. (Applaudissements.)

NOMS DES ÉPOQUES.	CLIMATS ET DÉPÔTS.	FAUNE.	HOMME.	INDUSTRIE.
Magdalénienne, de la Madeleine. — Postglaciaire. — Quaternaire supérieur.	Très froid et très sec. — Diluvium rouge.	*Cervus tarandus* ou renne très développé. — Saïga assez abondant dans nos régions. — Bouquetin dans les plaines. — *Elephas primigenius* ou mammouth en décroissance.	Squelette de Laugerie-Basse. — Mesaticéphale; front assez développé, orbites étroites et allongées, os longs arqués à empreintes musculaires très développées.	Aux objets en pierre se joignent des objets en os, en ivoire et surtout en bois de cervidés. — Développement de l'art.
Solutréenne, de Solutré. — Retrait des glaciers. — Base du quaternaire supérieur.	Radouci et sec. — Stations isolées.	*Elephas primigenius* ou mammouth commun. — Cheval fort abondant. — Rhinocéros complètement disparu.	?	La pierre est encore seule en usage, mais le travail se perfectionne et les objets divers se multiplient. — Apogée de la taille de la pierre.
Moustérienne, du Moustier. — Glaciaire. — Quaternaire moyen.	Froid et très humide. — Dépôts glaciaires. Alluvions des bas niveaux.	*Megaceros hibernicus*. — *Rhinoceros tichorhynus*. — *Elephas primigenius* ou mammouth. — Chevreuil et hippopotame émigrés.	Crânes d'Engis et de l'Olmo. — Dolichocéphale; front naissant, bas et étroit.	L'instrument en pierre se dédouble et donne naissance à divers outils ou armes de formes spéciales. — Développement de la taille de la pierre.
Chelléenne, de Chelles; ou acheuléenne, de Saint-Acheul. — Préglaciaire. — Quaternaire inférieur.	Chaud et humide. — Alluvions des hauts niveaux.	*Cervus capreolus* ou chevreuil. — *Hippopotamus amphibius* ou d'Afrique. — *Rhinoceros Merkii*. — *Elephas antiquus*.	Crâne et fémur de Neanderthal; crânes de Canstadt, Eguisheim, Brux, Denise; mâchoire de la Naulette. — Très dolichocéphale; front nul, arcades sourcilières fort développées, membres trapus et forts.	Se composant d'un seul instrument en pierre, grossièrement taillé, pour tout faire. — Commencement de la taille de la pierre.

M. A. Favre (Suisse). Je suis heureux d'entendre M. de Mortillet parler des oscillations des anciens glaciers et ne pas soutenir la théorie de deux ou de plusieurs époques glaciaires. Cette théorie s'appuie sur des observations faites par Morlot[1] près des bords de la Dranse, rivière qui se jette dans le lac de Genève, et par MM. A. Escher de la Linth et Heer à Wetzikon, canton de Zurich; mais ce n'est pas un appui bien solide. En effet, d'après l'observation de Morlot, la première période glaciaire serait représentée par une couche d'argile qui n'aurait que 15 mètres de longueur et 3 mètres d'épaisseur[2]. Quant à l'observation de MM. Escher et Heer, elle est digne de la plus grande attention; mais elle n'a été répétée nulle part ailleurs. La seule observation qui ait de l'analogie avec elle, mais qui en diminue l'importance, est celle qui a été faite au bois de la Batie près de Genève[3].

M. Reboux croit devoir opposer une réserve formelle aux conclusions de M. de Mortillet. Il a toujours trouvé en effet, dans les environs de Paris, l'*Elephas primigenius* tout à fait à la base des dépôts quaternaires, avec le *Rhinoceros tichorhynus*, quelques autres animaux et les instruments de l'homme. Quant à la rigueur du climat, elle est indiquée par ce fait que la plupart des animaux avaient alors d'épaisses fourrures. Lorsque la température s'est relevée, les uns, comme les éléphants et les rhinocéros, se sont éteints; d'autres, comme le renne, ont émigré en latitude vers le Nord; d'autres enfin, comme le bouquetin, le chamois, etc., se sont éloignés en longitude vers les centres montagneux. Quant à l'industrie humaine, si largement représentée dans les dépôts avec les ossements d'éléphants et de rhinocéros, il semble peu rationnel d'admettre que l'homme n'ait eu alors qu'un seul outil à sa disposition, pour s'en servir aux usages multiples de la vie et pour combattre ses puissants ennemis.

M. de Rosemont se rallie à la classification de M. de Mortillet; mais il pense que la division à établir dans le quaternaire doit avoir une base plus large et plus géologique. Des migrations d'animaux, des modifications secondaires dans la faune, n'ont pas par elles-mêmes une importance ni une certitude suffisante. Il en est de même de la taille plus ou moins parfaite du silex qui donne toujours lieu à de grandes contestations. Pour établir des divisions dans l'époque quaternaire, il faut se fonder sur un phénomène admis par tous les

(1) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 1858, VI, 102. — A. Favre, *Recherches géologiques*, I, 78.

(2) E. Favre, Revue de géologie; *Archives des sciences physiques et naturelles*, 1878, LXI, 212.

(3) *Bulletin de la Société géologique de France*, 1875, III, 723. — E. Favre, *Archives des sciences physiques et naturelles*, 1877, LVIII, 18. — «Il y a donc sur ce point, a dit M. Lory, à la Société géologique de France, dans la réunion extraordinaire de Genève, en 1875, une première nappe de boue glaciaire, intercalée entre deux niveaux d'alluvion caillouteuse : après la formation des couches inférieures, un glacier s'est avancé jusqu'à ce point; puis, venant à se retirer, il y a laissé une partie de sa moraine profonde, et la rivière qui s'écoulait de ce glacier aura recouvert de nouvelles alluvions caillouteuses ce fond abandonné par lui, en laissant subsister, sur ce point du moins, un lambeau de boue glaciaire, témoin de sa précédente extension. Ce fait établit une liaison intime entre la formation des alluvions anciennes et l'extension des glaciers, et montre, dans la progression de ceux-ci, à l'époque quaternaire, des phases d'avancement et de recul alternatifs, absolument analogues à celles qui s'observent pour les glaciers actuels.»

géologues et présentant le caractère de généralité qu'on doit rechercher en pareil cas. Ce phénomène est celui que M. Belgrand [1] a si bien décrit dans le bassin de Paris, celui du passage des grands cours d'eau ravinant les plateaux et creusant les vallées. L'écoulement de ces grandes eaux indique qu'il se fit alors dans la période quaternaire une perturbation atmosphérique considérable, ce qui s'accorde avec les idées de M. de Mortillet cherchant à établir une classification sur des changements de climat et de faune. D'ailleurs, tous les fossiles quaternaires, qu'ils soient ceux d'animaux d'espèces vivantes ou éteintes ou même ceux de l'homme, se rencontrent dans l'aire occupée par le lit des grands fleuves quaternaires. Enfin l'existence de ces grands cours d'eau explique très bien une sorte d'interruption aperçue tout d'abord par les antiquaires dans la série archéologique.

M. le Président. La parole est à M. Winkler.

SUR L'ORIGINE DES DUNES MARITIMES DES PAYS-BAS.

M. Winkler (Pays-Bas). Messieurs, le littoral occidental des Pays-Bas, depuis le Cadzand, dans la Flandre zélandaise, jusqu'aux petites îles qui se trouvent au nord du golfe le Dollart, est recouvert, le long de la plage, par une chaîne de collines de sable mouvant, que l'on appelle les *dunes*. On sait que ces dunes maritimes de notre pays ne sont qu'un chaînon dans la grande chaîne de collines de sable qui s'étend, de Calais en France, le long du littoral de la Belgique, de la Néerlande, du Danemark, jusqu'au bras de mer le Skagerrak. Quoique cette chaîne de collines ne soit interrompue que par quelques détroits ou bras de mer resserrés, les parties successives de l'ensemble sont loin d'être identiques : il suffit de lire les descriptions des dunes des pays que je viens de nommer, dans les ouvrages de Brémontier, de d'Omalius d'Halloy, de Dewalque, de Staring, de Forchhammer, d'Andresen et de tant d'autres savants, pour apercevoir que des circonstances locales ont joué un très grand rôle dans l'origine et la formation de ces dépôts arénacés, si intéressants pour le géologue. Je suppose, Messieurs, que vous connaissez ces monticules de sable, que vous avez étudié les ouvrages que je viens de citer. Il serait donc superflu de faire une description des dunes maritimes des Pays-Bas, devant les géologues distingués qui me font l'honneur de m'écouter. Je tâcherai de donner une théorie acceptable de l'origine des dunes littorales de mon pays, et je serai heureux d'obtenir, de votre jugement éclairé, une approbation très appréciée.

Quelle est l'origine de nos dunes? Avant de répondre à cette question, vous me permettrez de vous rappeler en peu de mots comment se forment les dunes actuelles, et de vous prouver qu'à vrai dire nos dunes ne sont que des bancs de sable très bauts jetés sur la plage.

Tous les géologues qui ont observé les phénomènes du bord de la mer du Nord dans les Pays-Bas, estiment que l'on doit attribuer la formation des

[1] V. Belgrand, *Le bassin parisien aux âges antéhistoriques*, 1869.

collines de sable sur la plage à l'action combinée des eaux de la mer et des vents. L'eau de la mer étant continuellement en mouvement par l'influence de courants marins, du flux et du reflux, des vents qui agitent sa surface, etc., tient toujours en suspension une partie du sable qui forme le fond de la mer et les bancs de sable qui s'étendent le long de la plage. Les vagues et la marée poussent ces sables vers la côte et déposent ces matières flottantes sur la plage. Une partie de ce sable se dessèche lors du reflux ou du refoulement des eaux, et, séchée, elle est poussée vers l'intérieur des terres, chaque fois que le vent souffle dans une direction qui favorise ce transport. Voilà comment se forment sur la plage des collines de sable qui atteignent parfois une altitude de 20, de 30, de 60 mètres. La formation des dunes exige donc non seulement l'existence d'une plage sableuse, mais aussi une position de la côte telle qu'elle soit dans le cas d'être battue par des vents dont la direction dominante pousse les vagues de la mer et les flots de la marée vers l'intérieur des terres. Les mêmes conditions sont nécessaires pour la formation des bancs de sable d'une forme allongée, placés le long de la plage, qui se trouvent partout dans la mer du Nord, aux endroits où le fond est sableux. Voilà pourquoi l'on peut soutenir que les dunes maritimes ne sont que des bancs de sable jetés sur la plage et non soumis à l'action des eaux, lorsque celles-ci ne dépassent pas le niveau ordinaire.

Demandons à présent : D'où provient le sable de nos bancs dans la mer, et de nos dunes sur la côte? Pour faciliter les recherches que nous devons faire afin de répondre à cette question, j'ai l'honneur de vous offrir une carte géologique des dépôts diluviens sur le sol des Pays-Bas.

Sur cette carte, les parties numérotées 6 et 7 représentent : 1° les roches tertiaires des environs de Bentheim en Munsterland, qui dépassent en deux endroits la frontière orientale de notre pays, savoir dans la Gueldre et dans l'Overyssel; et 2° les terrains crétacés des environs de Maestricht. Les autres figurés et numéros représentent les surfaces où le sol est composé de dépôts diluviens, et vous en trouvez l'explication au bas de la carte.

Les parties sans figuré sont celles où l'on trouve à présent des dépôts d'origine moderne ou l'alluvium; je les ai laissées ainsi parce que nous ne nous occuperons que du diluvium. Ainsi vous avez en main une carte de la Néerlande à l'époque diluvienne : à cette époque, les endroits blancs n'existaient pas encore, ils étaient recouverts par les eaux de la mer qui baignait, au Midi les côtes de la Belgique tertiaire, à l'Orient celles de la Westphalie et du Hanovre. Permettez-moi de vous parler quelques instants de l'origine de notre diluvium néerlandais, de vous donner, de ces dépôts, un court aperçu nécessaire pour faire l'histoire de nos dunes maritimes.

Une étude approfondie du diluvium néerlandais, faite surtout par l'éminent géologue dont nous regrettons la perte récente, feu le Dr Staring, nous apprend que les différents dépôts de cette formation n'ont pas tous la même origine, c'est-à-dire qu'ils ne proviennent pas d'un seul endroit, et qu'il y a une différence marquée dans les matières qui les composent. C'est pourquoi Staring a donné des noms différents aux parties principales de notre diluvium, des noms qui surtout ont rapport aux endroits de la terre d'où sont originaires les ma-

CARTE GÉOLOGIQUE
des dépôts de l'époque diluvienne
DANS LES PAYS-BAS

PAR

LE Dr F. C. WINKLER

Gravé chez L. Wuhrer.

LÉGENDE

1	*Diluvium septentrional ou scandinavien.*	8	*Diluvium remanié ou déplacé.*
2	„ *oriental ou du Rhin.*	6	*Terrain tertiaire.*
3	„ *méridional ou de la Meuse.*	5	„ *crétacé.*
4	„ *entremêlé.*		

tières qui forment actuellement plus de la moitié de la surface des Pays-Bas. On distingue :

1	le diluvium septentrional,	=	le diluvium scandinavien de Staring.
2	— oriental,	=	— du Rhin.
3	— méridional,	=	— de la Meuse.
4	— entremêlé,	=	— entremêlé.
5	— remanié,	=	— sableux (zanddiluvium).

On remarquera qu'on peut faire usage soit des dénominations que je propose, soit de celles de Staring, à l'égard des quatre premiers dépôts, mais que j'ai donné un autre nom au dépôt désigné sous le n° 5. Nous reviendrons sur ce changement dans la terminologie, en traitant plus loin de cette section du diluvium.

La période tertiaire était passée; la température élevée qui régnait dans le nord de l'Europe pendant cette période, s'était abaissée considérablement; la période glaciaire commençait. Des glaciers énormes recouvraient non seulement les environs du pôle nord, mais même des pays plus méridionaux, comme la Norvège, la Suède, l'île de Gothland. Alors la température de l'air était dans ces pays semblable à celle des hautes latitudes de nos jours; alors dans ces contrées les glaciers atteignaient les bords de la mer et les masses qui s'en détachaient devenaient des glaces flottantes. Celles-ci transportaient sur leur dos les blocs de pierre et les autres débris arrachés aux roches qui les bordaient. Par l'influence de courants marins, ces glaçons arrivaient dans la mer aux endroits où nous voyons actuellement les plaines de l'Allemagne du Nord, du Hanovre, de Groningue, de la Frise, de la Drenthe. Là, la température de l'air étant plus élevée, les glaces fondaient, et les débris ou les blocs de pierre qu'elles avaient transportés comme des radeaux, tombaient dans la mer et recouvraient le fond de l'Océan, comme à présent les pierres et le sable apportés par les glaçons du Groënland s'accumulent vers les bancs de Terre-Neuve. De cette manière sont arrivés les masses de sable, d'argile, de graviers, les grands blocs erratiques, les fossiles, qui forment à présent dans notre pays la partie méridionale de la province de Groningue, l'est et le sud-est de la Frise, la province de la Drenthe, le nord de l'Overyssel, la pointe occidentale de la Frise; les îles Schokland, Urk et Wieringen dans le Zuiderzée, le noyau des îles qui sont séparées du continent par les Wadden, etc. Ces masses sont disposées dans la province de Groningue de manière à former une chaîne de collines basses, dont la direction générale est semblable à celles du nord de l'Allemagne, c'est-à-dire du Nord-Est au Sud-Ouest. Une de ces collines, le Hondsrug dans la Drenthe, contient de nombreux fossiles, des calamopores, des stromatopores, des cyathophyllum, des brachiopodes qui, d'après les recherches des paléontologistes, entre autres de M. Roemer de Breslau, se retrouvent dans les roches siluriennes et dévoniennes de la Suède, surtout de l'île de Gothland dans la mer Baltique. Quelques-uns de ces fossiles, par exemple les catenipores, sont si tendres, si friables, que la moindre secousse les réduit en poudre. Ils démontrent clairement qu'ils n'ont pas été transportés par des courants ou des fleuves, en compagnie de pierres et de blocs de roche qui

sans doute les auraient pulvérisés; au contraire, ils sont arrivés ici sans rouler, sans se frotter à d'autres corps, au moyen de glaces flottantes servant de radeaux. Le sable de ces dépôts est un sable quartzeux dont les grains ne sont ni arrondis, ni émoussés sur les bords et les angles, ce qui dénote qu'ils n'ont pas été charriés par les eaux. Dans ces dépôts de sable sont disséminés des fragments anguleux, soit des cailloux gros comme des pois, soit des blocs qui pèsent jusqu'à 20,000 kilogrammes. On rencontre en outre çà et là des couches entières ou des amas de cailloux à bords et angles non arrondis. Ils nous apprennent qu'ils n'ont pas été transportés par des courants d'eau, mais qu'ils sont arrivés ici par l'intermédiaire de glaces flottantes. Les grands blocs erratiques de la Drenthe et de l'Overyssel, avec lesquels les premiers habitants de notre pays ont bâti les célèbres *dolmens*, connus sous le nom de *hunnebedden*, sont des blocs de granit, de diorite, de grès silurien, de gneiss, des roches qui à présent encore forment des montagnes en Scandinavie : assez de preuves certainement pour indiquer l'origine de notre *diluvium septentrional* ou scandinavien, c'est-à-dire des dépôts diluviens que j'ai indiqués sur ma carte sous le n° 1.

Pendant qu'au nord-est de notre pays se déposaient les masses diluviennes dont je viens de parler, d'autres dépôts se formaient à l'Est et au Midi.

Des rivières, coulant de l'Europe centrale comme le Rhin, et probablement aussi des rivières qui actuellement n'existent plus, déposaient le détritus de leurs montagnes riveraines dans la mer diluvienne, aux endroits où nous trouvons aujourd'hui les plaines de sable du Mookerheide et les collines de la Gueldre, aux environs de Nimègue.

Ces rivières formaient de vastes deltas et, dans leurs estuaires, des couches de limon, de sable, d'argile, de gravier. Ces débris de roche, vus au microscope, ont tous des angles et des bords arrondis ou émoussés, preuve certaine de leur transport dans l'eau courante. Parmi les cailloux, nous retrouvons les mêmes roches qui composent les montagnes de la Suisse et de l'Allemagne, le long du Rhin. Les cailloux sont composés principalement de quartz blanc, quelquefois coloré extérieurement en brun par l'oxyde de fer. A ces dépôts je donne le nom de *diluvium oriental*, le diluvium du Rhin de Staring; sur ma carte ils portent le n° 2.

Simultanément avec les dépôts dont je viens de parler, d'autres masses de détritus furent déposées. On en doit chercher l'origine dans le Midi. La Meuse se jetait alors dans la mer qui baignait les côtes tertiaires du Brabant méridional et les falaises composées de roches crétacées du Limbourg. Le détritus de l'Ardenne et du Condroz, poussé au Nord par la Meuse, fut déposé dans l'estuaire de cette rivière, là où nous trouvons actuellement les dépôts diluviens du Brabant méridional et septentrional et les plaines sableuses de la province d'Anvers, c'est-à-dire les dépôts qui forment la partie caillouteuse du campinien de d'Omalius d'Halloy, les silex et cailloux de Dumont, en Belgique. Ils forment à présent les dépôts diluviens que je propose de nommer, pour notre pays, le *diluvium méridional*, le diluvium de la Meuse de Staring, le diluvium caillouteux de Dewalque, indiqué sur ma carte avec le n° 3.

En jetant maintenant un coup d'œil sur la carte, on observera que je n'ai

pas encore parlé de ces parties de notre diluvium néerlandais, qui constituent à présent la majeure partie de la Gueldre, de l'Overyssel et de la province d'Utrecht, c'est-à-dire les dépôts que j'ai figurés sous le n° 4. On sait que Staring a donné à ces dépôts la dénomination de diluvium entremêlé. En effet, ces dépôts représentent des échantillons des trois sources d'origine dont nous venons de parler plus haut, le tout entremêlé et se recouvrant mutuellement. Ici on voit une masse de sable avec des blocs erratiques du Nord, à côté d'une couche de limon apportée par le Rhin; là on remarque une plaine composée de détritus ardennais, recouvrant un amas de gravier dont les cailloux arrondis nous apprennent qu'un jour ils ont fait partie des Alpes de la Suisse ou des roches de la Hesse; dans un autre endroit nous trouvons des silex roulés des dépôts du Rhin au-dessus d'une couche renfermant des débris de roches dévoniennes et de calcaire carbonifère des rives de la Meuse, et en maint endroit toutes ces matières différentes sont entremêlées si intimement et elles forment une masse si confuse qu'il est impossible d'y distinguer les lieux de provenance. Vraiment le nom de *diluvium entremêlé* est bien celui qui convient à ces dépôts.

Après ce court aperçu des quatre divisions de notre diluvium, il nous reste encore à parler d'une cinquième qui est pour nous à présent la plus intéressante de toutes, parce que, en la traitant, nous arriverons à la solution de la question qui nous occupe, savoir: l'origine de nos dunes maritimes. C'est le *zanddiluvium*, le diluvium sableux de Staring; ce sont les dépôts auxquels je propose de donner le nom de *diluvium remanié* ou déplacé, et qui sont représentés sur la carte avec le n° 5. Si je ne me trompe, personne n'a encore donné une explication acceptable de l'origine de ces dépôts de sable quartzeux. Staring, en parlant de son zanddiluvium, dit: *het moet op de plaats zelve ontstaan zijn*, — il doit être formé sur les lieux mêmes. Il me semble que cette phrase renferme l'aveu qu'il ne connaît ni les lieux de provenance, ni le mode de formation de ces dépôts. Permettez-moi, Messieurs, de vous exposer mes idées sur l'origine de ces sables et sur leur présence aux endroits où nous les rencontrons à présent.

Après la formation des dépôts décrits ci-dessus, la Néerlande ne se composait que des parties qui portent sur ma carte les n° 1, 2, 3 et 4. Les endroits marqués n° 5 et toute la partie blanche gisaient encore sous les eaux de la mer; les vagues se brisaient contre les plages des îles et des presqu'îles que dessinaient alors les parties qui s'élevaient plus ou moins au-dessus du niveau de la mer. Je dis qu'elles étaient plus ou moins élevées au-dessus de la mer, car sans aucun doute plusieurs de ces terres, à l'exception des collines comme le Veluwe, le Hondsrug et quelques autres, n'étaient alors que des laisses de sable, des plages, des terres basses, qui deux fois par jour étaient inondées par la marée. La mer baignait ces terres; le mouvement des eaux, causé par les vents, le flux et le reflux, et les courants, usaient ces bancs et ces plages, en arrachaient des parties, en détachaient des particules. L'érosion se manifestait partout où la mer pouvait exercer son action démolissante pendant des siècles. Mais la mer ne peut pas retenir les matières qu'elle détache de la terre; si le vent se repose, si les eaux redeviennent tranquilles, les matières tenues pen-

dant quelque temps en suspension coulent à fond : elles se déposent dans les creux, dans les fosses, dans les lieux bas. Ainsi des masses de sable ont été remaniées ou déplacées, et forment à présent les dépôts qui sont indiqués par le n° 5 sur ma carte. Voilà la raison pour laquelle je propose de nommer *diluvium remanié* le zanddiluvium de Staring. C'est surtout vers le Midi que furent entraînées par les courants les masses détachées de notre diluvium. Une quantité énorme de sable fut déposée dans le sud de la Néerlande et dans le nord de la Belgique, et forma une très grande partie des dépôts connus sous la dénomination de *campiniens*. En effet, nous savons par les beaux travaux des géologues belges, parmi lesquels je citerai ici les noms de d'Omalius d'Halloy, Dewalque, Dumont, Dupont, que le campinien en Belgique est formé d'un amas de sable qui succède à une couche renfermant des cailloux roulés. Mais il s'en faut beaucoup que toutes ces masses aient la même origine. Les dépôts qui sont caillouteux correspondent, à ce que je crois, à notre diluvium méridional ou de la Meuse; ils sont caractérisés par la présence de fragments de roches semblables à celles de l'Ardenne, et se prolongent, d'après d'Omalius d'Halloy, non seulement dans le reste de la vallée de la Meuse, mais en outre dans toutes les vallées dont les eaux venant de l'Ardenne coulent vers le Nord. Ce dépôt caillouteux dans la Campine est accompagné et le plus souvent recouvert de sables sans cailloux; et ces sables campiniens, déjà rangés par Staring dans son zanddiluvium, doivent, d'après mon opinion, être considérés comme des masses remaniées et déplacées, des masses dont l'origine, le lieu de provenance se retrouvent dans les dépôts diluviens de la Néerlande, surtout dans ces dépôts que nous avons nommés le diluvium oriental et le diluvium méridional. Il me semble que l'éminent géologue belge, M. Dewalque, est de mon avis lorsqu'il dit : « Le diluvium caillouteux dont nous avons indiqué la présence dans les monticules de la Campine limbourgeoise, passe *sous le sable campinien*, » et feu le savant belge, d'Omalius d'Halloy, était d'accord avec notre grand géologue néerlandais Staring, en admettant qu'il y a une différence dans l'origine des dépôts caillouteux et des couches de sable sans cailloux, qui constituent le sable campinien de Dumont.

Nous venons donc de voir qu'une partie des masses détachées des dépôts diluviens fut déposée dans les lieux bas entre les bancs et les terres, et que de grandes quantités de ces matières furent entraînées vers le Midi, et recouvrirent les dépôts caillouteux de la Campine. Mais ce n'est pas tout. Des masses énormes de sable suspendues dans l'eau et poussées par le refoulement des flots de la mer, furent entraînées vers l'Ouest, vers l'océan qui s'étendait des plages du diluvium jusqu'aux côtes de l'Angleterre. Cependant leur chemin vers l'Ouest ne fut pas long; bientôt les sables se déposèrent au fond de la mer et formèrent des bancs qui, en s'élevant pendant des siècles, constituèrent enfin un bourrelet au-dessus du niveau de la mer. Probablement ces sables flottants rencontraient à un certain point un courant assez fort pour arrêter leur mouvement vers l'Ouest. Lorsque deux courants de forces inégales se rencontrent, le plus fort joue à l'égard du plus faible le même rôle que les lacs et les mers exercent à l'égard des cours d'eau qui s'y jettent, c'est-à-dire

que les matières solides contenues dans le cours le plus faible se déposent en forme de bourrelet le long du cours le plus fort. Ainsi se dressait dans la mer, à une certaine distance de la côte, une île longue et étroite, un cordon de monticules de sable, semblable à ces formations d'embouchure que l'on appelle *nehrungen* sur quelques rivières de la Prusse, et *lidi* sur les côtes de la Vénétie. Cette barre de sable séparait de la mer une espèce de lac ou de mer intérieure, que l'on nomme *haf* en Prusse et *lacuna* en Italie. Les recherches des géologues ont démontré que ce bourrelet n'a pas pris naissance à la place où nous voyons à présent nos dunes maritimes, mais plus loin dans la mer: il s'est déplacé ensuite vers l'intérieur des terres, parce qu'il était composé de sables mouvants, et que ces sables ont communément un mouvement progressif de la mer vers les terres. Aussitôt que ce bourrelet exista, l'eau de la mer intérieure devint une eau stagnante: les rivières continuaient à y déposer leur limon, et les couches d'alluvion se développèrent en même temps que des tourbières immenses; en un mot l'alluvium de la Néerlande apparut au jour. Mais le sujet nous entraînerait trop loin si j'allais vous parler aussi de notre alluvium : je craindrais d'abuser de votre bienveillance et de fatiguer votre attention. Permettez-moi seulement d'observer que j'espère avoir démontré:

1° Qu'il est préférable de donner le nom de *diluvium remanié* au zanddiluvium de Staring;

2° Que le sable campinien *sans cailloux* et le sable qui compose nos *dunes maritimes* sont identiques aux dépôts de sable remanié dans la Néerlande;

3° Que le cordon ou bourrelet de sables mouvants qui a été le principe de nos dunes actuelles, s'est formé *après* la formation du diluvium dans la Néerlande, et par conséquent dans les derniers jours de l'époque glaciaire ou *après* cette période;

4° Que les couches de l'alluvium de la Néerlande ne se sont déposées qu'à l'abri de ce bourrelet de sable dans la mer, et par conséquent qu'elles sont *postérieures* à la formation des dunes maritimes. (Applaudissements.)

M. le Président. L'ordre du jour appelle maintenant la présentation d'un mémoire de M. Vanden Broeck.

DU RÔLE DE L'INFILTRATION DES EAUX MÉTÉORIQUES DANS L'ALTÉRATION DES DÉPÔTS SUPERFICIELS.

M. E. Vanden Broeck (Belgique). De nombreuses recherches sur les couches tertiaires de la Belgique, surtout celles que nous avons entreprises sur les dépôts éocènes des environs de Bruxelles et sur les dépôts pliocènes des environs d'Anvers, nous ont fourni, dans ces dernières années, une suite d'observations sur le rôle de l'infiltration des eaux météoriques dans l'altération des dépôts superficiels. Frappé de l'importance et de la généralité du phénomène, nous en avons approfondi l'étude. Nous avons vu alors se grouper autour de nos premières observations un tel faisceau de faits confirmatifs que nous avons cru

ıtile, à l'occasion de la première session du Congrès géologique international, le réunir nos observations en un travail d'ensemble.

L'étendue de ce travail se trouvant malheureusement hors de proportion vec le cadre des communications faites au Congrès, nous avons cru préférable, u dernier moment, de ne présenter qu'un simple résumé de nos observations.

Ce résumé suffira, croyons-nous, pour éveiller l'attention des géologues sur 'importance des faits que nous avons voulu mettre en lumière. Quant à notre ravail primitif, contenant la nombreuse série de faits et d'observations sur lesquels se base notre thèse, on le trouvera avec les planches qui l'accompagnent, lans quelqu'une des publications scientifiques de la Belgique.

Depuis longtemps on tient compte du rôle important que jouent dans la lésagrégation mécanique des roches et dans l'ablation des reliefs du sol, les gents météoriques : l'eau, l'air, les variations de température avec leurs phéıomènes de dilatation et de contraction, la gelée, l'humidité, etc.

Ces phénomènes de désagrégation s'opérant sur toute la surface terrestre, es inégalités du relief, hauteurs et profondeurs, tendent sans cesse à se niveler. es roches désagrégées et les parties meubles, qui sont le résultat de leur déomposition, descendent le long des pentes et gagnent sans cesse des niveaux nférieurs. Les pluies et les torrents, les rivières et les fleuves entraînent ces débris en les pulvérisant de plus en plus; d'immenses dépôts sédimentaires sont insi formés dans la mer, non loin des rivages. Peu à peu les contours des ontinents se modifient, non seulement par suite de cet apport continu de édiments dû aux érosions d'origine atmosphérique, mais encore à cause de 'ablation du rivage, causée par les érosions de la mer. Ces causes si simples, nais si universelles, modifient considérablement la configuration des terres et les mers.

Jusqu'ici, les observateurs se sont appliqués à exposer le rôle de l'*eau* conidérée sous ses diverses formes : humidité, pluie, torrents, sources, rivières t fleuves, inondations, nappes souterraines, glace, avalanches et glaciers, insi que celui de l'*air* sous forme de gaz, sec ou humide, chaud ou froid, ent, tempête ou orage, dans leurs rapports avec la désagrégation des roches t l'ablation des reliefs du sol, c'est-à-dire à un point de vue purement *mécaıique*.

Mais les observations faites jusqu'ici n'ont guère porté sur les applications éologiques des phénomènes d'altération *chimique*, dus à ces mêmes agents mééoriques. Ces actions spéciales affectent surtout les dépôts superficiels de l'écorce errestre et présentent une grande importance au point de vue des services que eur élucidation peut rendre aux recherches géologiques.

C'est sur certaines conséquences de ces phénomènes particuliers, encore rès peu étudiées, que nous désirons attirer l'attention de nos confrères. Ils auront, nous en sommes persuadé, en apprécier toute l'importance, et conirmer, par leurs propres recherches, l'exactitude de nos observations.

Il s'agit de l'altération chimique des dépôts superficiels, causée par les réacions qui s'opèrent à la suite de l'infiltration des eaux météoriques. Nos reherches démontrent que dans certaines conditions, fréquentes d'ailleurs à la urface du globe, ces phénomènes d'altération sont très intenses et présentent

des caractères dénotant un véritable métamorphisme. C'est pour n'avoir pas reconnu cette action que l'on est si souvent arrivé à de fausses interprétations dans les relations géologiques attribuées aux parties altérées et aux parties normales d'un même dépôt.

Nous avons aussi établi que l'infiltration des eaux météoriques fournit la solution d'une foule de questions dans lesquelles l'altération des roches n'avait pas été reconnue ou bien avait été attribuée à des influences thermales, geysériennes ou volcaniques.

Les phénomènes d'altération par infiltration superficielle ont-ils donc toujours passé inaperçus? Non pas; car, avant nos premières observations, datant de 1874, diverses remarques avaient déjà été faites au sujet de cette influence particulière des agents météoriques; mais il nous semble que la question n'a jamais été examinée au point de vue des applications géologiques. Personne ne paraît jusqu'ici avoir montré toutes les conséquences des grandes lois qui régissent l'altération sur place des dépôts superficiels.

Les chimistes et les minéralogistes ont, surtout en Allemagne, mis nettement en relief toute l'importance du phénomène considéré au point de vue chimique et lithologique; mais les géologues ont cru, le plus souvent, ne devoir accorder qu'un caractère local et tout accidentel aux observations qu'ils avaient faites. Ils ont parfois reconnu la nature du phénomène (l'action d'une eau chargée d'acide); mais ils lui ont attribué des origines extraordinaires, nécessitant des hypothèses que rien ne justifie, et lorsqu'enfin ils se sont trouvés dans la bonne voie, ils n'ont pas appuyé leur manière de voir sur des faits incontestables, se vérifiant partout.

L'action des infiltrations superficielles ne se borne pas à produire des altérations dans les roches de la surface ou bien en contact avec les nappes souterraines; elle donne également lieu à une importante série d'actions hydrochimiques et de pseudomorphoses dans l'épaisseur de l'écorce terrestre. Ces phénomènes ont, dans ces dernières années, été l'objet des études d'un nombreux groupe de minéralogistes et de chimistes étrangers qui ont montré le rôle important, non soupçonné auparavant, de l'eau d'infiltration dans la formation des minéraux et des roches. Les actions hydrochimiques ont une importance considérable. Devant l'élucidation de ces phénomènes, les forces extraordinaires, les hypothèses toutes spéciales que l'on avait toujours été forcé d'invoquer s'évanouissent pour faire place à un processus aussi simple dans son essence qu'universel dans ses manifestations.

Pour en revenir à l'étude plus spéciale qui fait l'objet de ce travail, c'est-à-dire à l'altération chimique et au métamorphisme des dépôts superficiels, voyons maintenant la nature exacte des agents concourant à la production de ces phénomènes, et examinons rapidement leurs rôles respectifs. On sait que l'eau de pluie contient, à l'état de dissolution, de l'oxygène et de l'acide carbonique. L'oxygène s'y trouve même en quantité relativement considérable. Il est d'ailleurs à noter que dans le gaz dissous dans l'eau pluviale il y a une proportion plus forte d'oxygène et d'acide carbonique que dans l'air atmosphérique. On sait encore que pendant son infiltration dans le sol, et surtout dans un sol végétal, l'eau de pluie s'assimile une quantité supplémentaire, souvent

très grande, d'acide carbonique. Il est démontré aussi que les gaz en dissolution dans l'eau sont en grande partie absorbés par l'écoulement de celle-ci au travers de corps poreux, comme le sont la plupart des roches. Cette absorption provient surtout des réactions qui s'opèrent lorsque l'acide carbonique et l'oxygène dissous dans l'eau arrivent en contact avec les éléments calcaires, ferreux, etc., des dépôts traversés : l'acide carbonique disparaît presque entièrement, l'oxygène diminue dans une proportion notable.

Le gaz en dissolution dans l'eau de pluie est, nous l'avons dit, infiniment plus riche en acide carbonique et en oxygène que l'air atmosphérique. Par cela même, l'eau pluviale qui s'infiltre au travers des dépôts superficiels et qui s'y étale souvent en nappes étendues, constitue un agent d'oxydation et de dissolution bien plus puissant que l'air atmosphérique, dont l'influence sur la plupart des roches est cependant déjà si grande.

L'eau chargée d'acide carbonique est un puissant dissolvant du calcaire. Mais les altérations des dépôts superficiels ne sont pas limitées aux seules roches calcaires; le contact des eaux atmosphériques suffit pour décomposer la nombreuse série des roches feldspathiques, pour réduire en terres meubles ou en argiles plastiques les roches schisteuses, pour modifier ou dissoudre certains éléments de ces dernières et surtout des roches silicatées. Diverses expériences ont été faites à ce sujet. Elles ont démontré que la solubilité des roches dans l'eau pure, et surtout dans l'eau chargée d'acide carbonique, est infiniment plus grande qu'on ne serait tenté de le croire.

L'oxygène en dissolution dans les eaux météoriques, celui provenant de l'air entraîné mécaniquement dans le sol avec les eaux pluviales, et enfin celui de l'air qui baigne les dépôts superficiels, donnent lieu, sous l'influence de l'humidité, à des phénomènes d'oxydation, variés et très accentués. La glauconie éparse dans beaucoup de dépôts, les sels ferreux généralement répandus dans les roches calcaires, marneuses, etc., s'oxydent et se transforment en sels ferriques, qui colorent en jaune ou en rouge les particules argileuses ou limoneuses dégagées par la dissolution du calcaire. Le résidu de cette décomposition s'infiltrant avec les eaux dans toute la masse du dépôt en fait disparaître la stratification et modifie profondément la coloration des sédiments. Celle-ci varie du vert au jaune, du brun au rouge, suivant la nature des matières altérées, la proportion des sels ferreux ou de la glauconie, et enfin suivant l'intensité plus ou moins grande des phénomènes d'oxydation.

La disparition des fossiles dans les roches calcarifères meubles, conséquence inévitable de la dissolution des éléments calcaires, est généralement accompagnée de phénomènes variés : tassement des dépôts, disparition des lignes de stratification, dissolution du ciment calcaire des bancs durs, apparences d'érosions et de ravinements, poches, puits, etc., qui pourraient dérouter un observateur non prévenu. Souvent, au lieu d'un simple phénomène d'altération sur place et de métamorphisme actuel, il croira reconnaître des séparations de couches et de dépôts distincts comme âge et comme origine.

De même, la dissolution du carbonate de chaux dans un calcaire siliceux, les modifications des roches siliceuses elles-mêmes, la production si constante, dans ces phénomènes d'altération, de résidus argileux rougeâtres, les appa-

rences d'érosion et les effets de corrosion des dépôts sous-jacents feront aussi invoquer par l'observateur l'influence de sources acides, d'actions hydro-thermales, d'éjaculations geysériennes, de ruissellements d'eaux acidulées d'origine interne, etc., bien que les phénomènes observés ne soient, en réalité, que la conséquence naturelle de l'infiltration des eaux atmosphériques.

Au premier abord, il paraîtra peut-être étonnant que l'eau et ses gaz, avec leurs effets d'oxydation et de dissolution, puissent produire des modifications si considérables et si profondes dans les roches et dans les dépôts superficiels. Mais il ne faut pas perdre de vue l'influence toute-puissante du temps. L'air atmosphérique, agent peu énergique s'il en est, produit avec l'aide du temps des phénomènes de désagrégation et d'altération que personne ne songe à nier, tant leurs effets sont puissants et universels sur la surface terrestre.

Puisqu'il faut chercher dans l'infiltration des eaux pluviales l'origine de l'altération des dépôts superficiels, les phénomènes qui en résultent ne peuvent être localisés dans tel ou tel terrain ou bien dans une ou plusieurs régions déterminées. Par leur essence même, ils doivent être aussi universels dans leurs effets qu'ils le sont dans leur cause. Si ces lois de métamorphisme par infiltration sont vraies en un point, elles doivent l'être sous toutes les latitudes, dans toutes les formations et pour tous les dépôts superficiels. L'intensité seule du phénomène a pu varier, comme elle varie encore aujourd'hui. Il n'est pas douteux enfin que, l'attention des géologues étant suffisamment attirée par l'étude de cette intéressante question, on ne découvre de nombreuses applications confirmant nos observations personnelles et montrant partout l'action de ces phénomènes, non seulement sur les dépôts superficiels de l'écorce terrestre actuelle, mais encore sur ceux qui constituaient la surface du sol émergé pendant les diverses phases de l'histoire de la terre.

Dans l'exposé détaillé de nos recherches, nous avons passé successivement en revue les divers effets de l'altération par infiltration des eaux météoriques dans les roches feldspathiques, métallifères, siliceuses, schisteuses, argileuses et calcarifères. Nous ne pouvons qu'indiquer rapidement ici les principaux points traités dans notre travail, sans donner aucun détail sur les observations.

Sous l'influence dissolvante des eaux météoriques, les roches feldspathiques, et particulièrement les roches granitiques, peuvent ou bien subir une décomposition considérable à la longue, produisant l'ablation successive de surfaces sans cesse renouvelées, ou bien subir une modification sur place amenant des phénomènes de métamorphisme bien caractérisés. Ce dernier cas se présente généralement lorsque les produits de la décomposition ne peuvent être dispersés par les eaux, comme par exemple dans les filons des roches feldspathiques éruptives, comme dans les failles, fentes ou fractures des massifs sur lesquels coulent les eaux météoriques. L'élément feldspathique de la roche se transforme en un résidu meuble, tendre et friable, dont une forme, très répandue, est connue sous le nom de *kaolin*. L'étude des «sables éruptifs» se trouve, croyons-nous, vivement éclairée par les résultats fournis par l'observation des phénomènes d'altération. Beaucoup de géologues considèrent les «sables éruptifs» comme un produit direct d'éjaculation interne, originellement déposé sous forme meuble et arénacée. Pour nous, ces dépôts sont constitués

par le résidu d'altération sur place et de dissolution chimique de roches, tantôt réellement éruptives, mais primitivement compactes et cristallines, tantôt purement sédimentaires.

Si nous passons aux roches métallifères, en général très localisées et formant rarement des dépôts superficiels, nous noterons que l'infiltration des eaux atmosphériques et les phénomènes d'altération qui en dérivent, n'ont pas atteint ces roches aussi fréquemment que les autres. Toutefois, les failles et les filons métallifères, centres attractifs pour les eaux superficielles qui y trouvent des conduits naturels d'écoulement, sont souvent le théâtre de phénomènes d'altération, surtout par voie d'oxydation. Ces phénomènes se trouvent favorisés par la grande quantité d'oxygène en dissolution, c'est-à-dire à l'état libre, dans les eaux d'infiltration.

Les principales de ces actions d'oxydation consistent dans la sulfatisation des sulfures métalliques, dans la production d'oxydes, de carbonates et d'espèces minérales diverses. Nous insistons particulièrement sur l'oxydation des minerais de fer, si abondants dans la plupart des couches géologiques, et enfin sur l'hydratation de la glauconie et des sels ferreux, si universellement répandus dans toutes les roches et en particulier dans les dépôts marneux, calcaires, etc. La coloration jaunâtre, brunâtre ou rougeâtre accompagne presque invariablement les phénomènes d'altération qui se sont effectués dans les dépôts de toute nature atteints par les infiltrations. Elle est la conséquence naturelle de la mise en liberté de l'hydrate ferrique qui résulte de la décomposition des sels ferreux, et qui imprègne toute la masse du dépôt. La production de grès ferrugineux, de minerais de fer, etc., s'effectue très souvent par voie humide ou hydro-chimique : c'est ce que nous pouvons voir dans les phénomènes d'agglutination et de concrétionnement qui accompagnent la décomposition des sels ferreux et surtout de la glauconie. Cette observation nous autorise à penser que le remplissage des filons peut s'être effectué quelquefois de haut en bas, par le simple fait de l'écoulement des eaux atmosphériques chargées de matières en suspension. Ces matières proviennent de la dissolution d'autres roches et donnent lieu à des phénomènes de concrétionnement ou à des combinaisons diverses. Nous avons pu constater, dans l'étude des roches métallifères, d'intéressantes connexions entre la manière dont sont disposés les dépôts ferrugineux superficiels d'origine récente, et les conditions hydrographiques ou topographiques favorables aux causes productrices de l'hydratation des sels ferreux préexistants dans le sol.

Sous l'influence de l'air et des eaux atmosphériques, les roches schisteuses se délitent, se désagrègent et tendent généralement à passer à l'état meuble. C'est ainsi que certains schistes se transforment en terres meubles et friables; d'autres en argiles plastiques pures. Dans certains cas, ces zones altérées superficielles ont été prises pour des terrains de transport distincts, anciens ou quaternaires. Non seulement la transformation du schiste en argile plastique peut s'opérer ailleurs qu'à la superficie, lorsque les roches souterraines se trouvent en communication directe avec les eaux atmosphériques, mais encore, sous l'influence des infiltrations actuelles, elle s'opère avec une rapidité re-

marquable. Les observations de ce genre permettent de restreindre l'intervention hypothétique des forces extraordinaires, d'origine interne, que l'on a trop souvent mises en avant pour expliquer la production de ces phénomènes.

L'argile, corps imperméable et non altérable par lui-même, joue dans la question qui nous occupe un rôle très important, en agissant comme agent protecteur vis-à-vis des dépôts sous-jacents. On doit tenir grand compte aussi des couches perméables, mais suffisamment épaisses pour absorber toutes les eaux d'infiltration, de la situation topographique des dépôts perméables, de la pente du terrain et de ses relations avec la nappe aquifère supérieure, etc. Quant aux couches argileuses ou imperméables, c'est de leur épaisseur, de leur intégrité et de leur étendue que dépend le degré de protection qu'elles offrent aux couches perméables sous-jacentes.

Les argiles sableuses et les argiles glauconieuses sont altérables jusqu'à un certain point. La végétation joue aussi un rôle important dans la transformation d'un dépôt argileux en terre meuble; ce sont alors les racines des plantes qui se chargent de faire pénétrer, avec l'eau, les agents oxydants et dissolvants au sein des couches les plus compactes.

Nous avons pu constater divers cas d'altération par influence météorique, qui ont dû se produire pendant les phases d'émergence de certains dépôts argileux tertiaires, avant le dépôt des couches marines qui les ont recouverts et qui sont demeurées normales et intactes.

Les phénomènes qui nous occupent sont généralement peu intenses dans les roches siliceuses. Cependant, la dissolution lente de ces couches par l'eau chargée d'acide carbonique est un fait d'observation confirmé par les expériences de laboratoire. Certaines formes de silice subissent même une désagrégation moléculaire assez rapide. Le silex peut, à la longue, se métamorphoser en un résidu tendre et friable; les galets siliceux de certains dépôts quaternaires le démontrent d'une manière incontestable. Le quartz présente également, sous l'influence des eaux atmosphériques, certains phénomènes de carie.

La désagrégation du phtanite, du jaspe et des roches cimentées par de la silice gélatineuse ou soluble, montre la facilité avec laquelle des roches à structure compacte ou d'aspect très résistant peuvent se réduire en résidus meubles et friables, sous l'action énergique des eaux météoriques.

L'altération des silicates ferreux, constituant la glauconie, fournit un champ d'étude des plus intéressants.

Divers cas d'oxydation dans les sables glauconifères d'Anvers[1] montrent combien on est souvent exposé à prendre pour des couches distinctes de simples zones superficielles d'altération.

Les roches siliceuses qui contiennent une certaine quantité d'éléments calcaires, peuvent, sous l'influence de l'air atmosphérique, donner naissance

[1] *Observations sur les couches quaternaires et pliocènes de Merxem, près d'Anvers*, par E. Vanden Broeck et P. Cogels. *Annales de la Société malacologique de Belgique*, t. XII, 1877 (séance du 2 septembre 1877).

Esquisse géologique et paléontologique des dépôts pliocènes des environs d'Anvers, par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société malacologique de Belgique*, t. XII (2e partie), 1878.

à une roche légère et spongieuse, sorte de squelette siliceux. Le silex nectique en présente un exemple bien connu. Nous croyons pouvoir attribuer la formation des meulières à la même cause. L'action corrosive d'eaux chargées d'acide avait déjà été entrevue par divers observateurs; mais ils avaient fait appel à des agents d'origine interne et à des phénomènes éruptifs, etc., au lieu de reconnaître dans la formation de la meulière l'effet prolongé des eaux d'infiltration.

Les roches calcaires sont extrêmement sensibles aux influences dissolvantes des eaux atmosphériques. Les sels ferreux, si abondants dans ces dépôts, s'oxydent et, imprégnant d'hydrate de fer le résidu argilo-sableux laissé par l'attaque de la roche, le colorent presque toujours en jaune ou en rouge.

Les zones terreuses ou désagrégées et les poches de coloration rougeâtre qui, bien souvent, ont été signalées dans les affleurements de roches calcaires de diverses formations, ne sont autre chose que des zones superficielles d'altération par infiltration des eaux météoriques. Le mode de formation de ces dépôts rougeâtres donne lieu souvent à des hypothèses singulières; on sait cependant que la *terra rossa* de la Carniole et la *latérite* des régions tropicales n'ont pas d'autre origine que l'altération, par les agents météoriques, des dépôts constituant le sol. On comprend combien ces observations peuvent être utilisées, soit pour expliquer l'origine de certaines roches anciennes de l'écorce terrestre, par exemple les *grès rouges*, soit pour mettre en garde contre des apparences de discordance.

C'est surtout grâce aux résultats obtenus par l'étude des dépôts éocènes des environs de Bruxelles, des dépôts pliocènes du bassin d'Anvers, et enfin des couches glauconifères diverses de nos plaines belges, que nous avons pu montrer la simplification apportée dans la stratigraphie par l'application des faits relatifs aux phénomènes d'altération [1].

Diverses observations faites récemment en Angleterre confirment entièrement les conclusions de nos études.

Les roches calcaires du bassin de Paris fournissent également de nombreux

[1] *Observations sur les sables verts sans fossiles du système Laekenien*, par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société géologique de Belgique*, t. Ier, 1874. *Bulletins des séances*, p. 68-70 (séance du 20 juin 1874).

Voir aussi : *Annales de la Société géologique du Nord*, Lille, 1874, t. Ier, p. 81 (séance du 15 juillet 1874).

Communication sur la géologie des environs de Bruxelles, par E. Vanden Broeck. Fédération des sociétés scientifiques de Belgique (congrès de 1876). Voir le compte rendu du *Moniteur industriel belge*, t. III, n° 13 (10 août 1876), p. 354. Voir aussi : *Annales de la Société belge de microscopie*, t. II, 1875-1876. *Bulletins*, p. 57-60 (séance du 29 juillet 1876).

Aperçu sur la géologie des environs de Bruxelles (*Lettre à M. le professeur Gosselet*), par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société géologique du Nord*, Lille, 1876, t. III, p. 174-183 (séance du 9 août 1876).

Seconde lettre sur quelques points de la géologie de Bruxelles, par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société géologique du Nord*, Lille, 1877, t. IV, p. 106-120 (séance du 17 janvier 1877).

Observations sur les couches quaternaires et pliocènes de Merxem, près d'Anvers, par E. Vanden Broeck et P. Cogels. *Annales de la Société malacologique de Belgique*, t. XII, 1877 (séance du 2 septembre 1877).

Esquisse géologique et paléontologique des dépôts pliocènes des environs d'Anvers, par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société malacologique de Belgique*, t. XII (2e partie), p. 83-374, 1878.

cas analogues à ceux que nous avons constatés en Belgique. Quantité de dépôts, appartenant à divers horizons du bassin parisien, tels que certains sables et dépôts sans fossiles, ne sont que les résidus, altérés et décalcifiés, de couches préexistantes, calcarifères et fossilifères.

Parmi les conséquences de l'altération des dépôts meubles et facilement perméables, il faut placer au premier rang la production des poches d'altération, due à l'inégale perméabilité des diverses parties de dépôts peu homogènes. Nos observations ont porté principalement sur les sables calcareux éocènes des environs de Bruxelles; mais elles peuvent entièrement s'appliquer à un très grand nombre de dépôts analogues au point de vue lithologique. Nous avons indiqué ailleurs [1] les caractères généraux qui permettent de distinguer une zone ou une poche d'altération sur place, d'une cavité ou dépression réelle d'érosion, et nous avons fait connaître en même temps un procédé expérimental facile et rigoureux pour opérer cette distinction.

Les phénomènes d'altération des roches crayeuses présentent un intérêt spécial par suite de leur universalité et de leur intensité, dues, l'une et l'autre, à la facilité avec laquelle l'eau chargée d'acide carbonique parvient à opérer la dissolution de la craie.

L'argile à silex, qui a été l'objet de nombreuses controverses, n'est que le résidu de la dissolution sur place de la craie, soumise à l'action des eaux météoriques, partout où elle affleure. Sans faire appel à aucune force d'origine interne, on peut expliquer tous les caractères lithologiques et stratigraphiques de l'argile à silex, ainsi que toutes les observations faites en diverses régions.

Les phénomènes d'altération, si actifs aujourd'hui à la surface affleurante de la craie, peuvent aussi s'effectuer sous un manteau de dépôts perméables. Ils se sont produits en tout temps, pendant les périodes continentales antérieures à certaines couches de dépôts tertiaires imperméables recouvrant parfois la craie. L'antiquité incontestable de plusieurs résidus d'altération, qui ne peuvent être attribués aux phénomènes actuels, est la conséquence logique de la persistance des mêmes causes dans les divers âges de la terre.

L'étude des *sables à silex*, résidus du remaniement mécanique d'argiles à silex préexistantes, celle des dépôts de grève crayeuse, enfin celle des puits naturels de la craie présentent aussi un grand intérêt. Il est aisé de se convaincre que ces derniers représentent des zones spéciales et très localisées d'altération sur place d'une roche crayeuse ou calcaire, en partie protégée par des dépôts supérieurs, meubles ou imperméables. Les puits correspondent exactement aux poches d'altération des dépôts meubles et calcarifères. Nous y avons retrouvé la même série de caractères : dissolution du carbonate de chaux et production d'un résidu argilo-sableux; oxydation des éléments ferreux et formation d'argile rouge; résistance de décomposition de roches ou corps siliceux; tassement des résidus et effondrement des couches recouvrantes par suite de l'élimination du calcaire; formes bizarres des cavités ou poches d'altération, etc.

[1] *Seconde lettre sur quelques points de la géologie de Bruxelles*, par E. Vanden Broeck. *Annales de la Société géologique du Nord*, Lille, 1877, t. IV, p. 106-120 (séance du 17 janvier 1877).

On observe parfois, dans les régions crétacées, des accumulations de silex, ui ne sont ni roulés ni brisés, et qui forment, soit des poches dans la craie, oit des amas superficiels plus ou moins étendus. Ces silex non roulés ne représentent pas les vestiges de quelque phénomène particulier de remaniement: ls sont le résidu d'une dissolution lente et graduelle, qui a laissé sur place es bancs superposés des rognons de silex.

Les phénomènes d'altération par infiltration des eaux météoriques affectant urtout des dépôts superficiels, on comprend que les couches quaternaires oivent fournir un champ d'étude des plus fructueux.

On sait que la zone supérieure argileuse du limon quaternaire, qui recouvre ne immense région en Europe, est généralement considérée comme étant istincte, par son origine et son âge, de la zone calcarifère stratifiée inférieure.

Certains géologues ont pensé avec raison que le limon supérieur argileux u terre à brique n'est que le sommet modifié et altéré par l'infiltration des aux météoriques, du dépôt calcarifère sous-jacent. Les objections qui ont été iites à cette manière de voir, proviennent de ce que le processus du phénoiène d'infiltration avait été mal compris et mal interprété.

Nous avons été amené à faire quelques recherches au sujet du diluvium, et ous avons même réuni une série d'observations relatives au diluvium quaterraire de la vallée de la Seine[1]. Toutes les théories proposées jusqu'ici pour xpliquer l'origine et la formation des divers dépôts de ce diluvium se sont eurtées à d'insurmontables difficultés, qui s'évanouissent dès que l'on tient ompte du rôle joué postérieurement au dépôt des couches par les phénomènes rdinaires d'altération. Pour nous, les dépôts réunis sous le nom de *diluvium ouge* ne doivent leur coloration, prise à tort pour un caractère distinctif, qu'à es effets de dissolution et d'oxydation dus à l'infiltration des eaux météoriques.

En résumé, les eaux d'infiltration d'origine météorique constituent un agent uissant et universel d'altération et de métamorphisme. Leurs effets sont lus ou moins accentués suivant les conditions climatériques ou topograhiques, suivant la nature, la composition, l'état physique et la perméabilité e la roche, etc. Mais la question d'intensité réservée, ils se montrent aussi niversels dans leurs résultats qu'ils le sont dans leur cause; de plus, ils e sont opérés aussi bien pendant les périodes continentales anciennes que epuis l'émergence des terres actuelles. Ces phénomènes consistent surtout en ctions dissolvantes et oxydantes, produites par les gaz qui se trouvent à état libre dans les eaux d'infiltration, d'origine atmosphérique. Sous cette inuence et grâce au temps, multiplicateur d'une puissance infinie, les roches e dissolvent, perdent une partie de leurs éléments constitutifs ou bien su-

[1] *Sur les altérations des dépôts quaternaires par les agents atmosphériques*, par E. Vanden roeck. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, Paris, 1877 (séance du 3 janvier 1877).

Note sur l'altération des roches quaternaires des environs de Paris par les agents atmosphériques, ar E. Vanden Broeck. *Bulletin de la Société géologique de France*, t. V, 1877, p. 298-301, ' séance (séance du 5 février 1877).

Seconde note sur le quaternaire des environs de Paris, par E. Vanden Broeck. *Ibidem*, n° 6, . 326-328 (séance du 5 mars 1877).

bissent une série de décompositions et de dissociations qui donnent généralement lieu à la production de résidus friables, meubles ou argileux. C'est surtout sur les roches calcarifères, abondamment répandues à la surface du globe, que ces phénomènes se sont le plus exercés, et c'est là qu'ils ont souvent donné lieu à des erreurs d'interprétation. La disparition des fossiles, l'élimination du carbonate de chaux, la production de résidus argileux, l'oxydation des sels ferreux et la coloration rougeâtre des dépôts sont les indices ordinaires qui révèlent l'altération des roches calcarifères par voie d'infiltration des eaux atmosphériques.

Beaucoup des résidus d'altération, formant des zones locales ou même parfois très développées, ont été pris pour des dépôts distincts, notamment en ce qui concerne les dépôts meubles, facilement perméables. La ligne de séparation présente fréquemment des apparences d'érosions et de ravinements qui ont amené de fâcheuses méprises.

Il importe donc beaucoup d'observer les phénomènes d'altération, si universels et si importants, afin qu'on ne puisse plus confondre des zones superficielles d'altération, sans aucune signification géologique, avec des formations sédimentaires distinctes.

Des phénomènes de concrétionnement, de cimentation, de reconstruction de roches et des combinaisons chimiques de diverses natures sont souvent les conséquences secondaires de l'altération des dépôts. La formation de certains dépôts anciens, oxydés ou ferrugineux, sans calcaire ni fossiles, se trouve expliquée par l'étude de ces faits actuels.

Pendant les périodes continentales anciennes, les mêmes phénomènes d'altération des dépôts superficiels ont dû se produire. Leur énergie devait même être plus grande et leur action plus générale, puisque les conditions climatériques, partout à la surface de la terre, se rapprochaient davantage de celles qui caractérisent aujourd'hui nos régions tropicales, où les phénomènes d'altération sont si constants et si développés.

La recherche sur les surfaces continentales très anciennes des traces de phénomènes d'altération, analogues à ceux constatés de nos jours, ne présente guère de difficultés. Faite avec soin, cette étude simplifiera beaucoup de questions de géogénie et éliminera de la série stratigraphique une foule de termes encombrants qu'on ne parvenait guère à classer convenablement. Il y a plus : aux actions locales, accidentelles, extraordinaires et généralement d'origine interne, qui étaient si souvent invoquées, succède une action simple, naturelle et irrésistible dans sa puissante lenteur: universelle à la surface du globe depuis son origine, variant dans son intensité, mais jamais dans sa cause ni dans ses effets.

Tout en ayant essayé d'attirer l'attention de nos confrères sur les phénomènes intéressants qui font l'objet de ce résumé, nous regrettons de n'avoir pu leur exposer plus complètement nos observations.

Nous ajouterons que c'est grâce à leur concours surtout que nous espérons voir bientôt apparaître la thèse que nous défendons dans sa saisissante simplicité et dans la pleine lumière de ses résultats si importants pour l'étude de la géologie.

M. Buvignier. Je demande la permission, Messieurs, de faire connaître quelques faits résultant d'un mode d'influence atmosphérique dont M. Vanden Broeck n'a pas parlé.

Les rochers des environs de Saint-Mihiel appartiennent au *coral-rag* et sont formés de bancs de polypiers dont les interstices ont été remplis par les courants, soit par des parties oolithiques, soit par des masses terreuses. Ces rochers portent des sillons qu'à première vue on a pris pour des traces horizontales d'anciens courants. Mais, en les examinant plus attentivement, on reconnaît qu'ils sont très irréguliers et que les parties saillantes sont des polypiers dont la constitution plus compacte a résisté aux influences atmosphériques qui ont fait tomber les parties plus tendres.

Le phénomène le plus remarquable que présentent ces rochers est ce que l'on appelle dans le pays *la Table du diable.* C'est une touffe de polypiers rameux, dont les tiges s'élèvent au-dessus de la surface d'un des rochers et s'étalent en forme de table, tandis que toute la partie terreuse qui entourait cette masse de polypiers a été détruite.

Mon attention a été surtout appelée sur la cause de ces phénomènes par un fait que j'ai vu se produire en peu de temps sur des exploitations de minerai de fer, dans les crevasses de l'oolithe vacuolaire des calcaires du Barrois. Une sorte de pic de calcaire, à surfaces à peu près lisses, mis à nu dans l'une de ces exploitations, s'était trouvé couvert, au bout de trois ou quatre ans, de sillons à peu près horizontaux, produits par les influences atmosphériques.

M. le Président. La parole est à M. W.-P. Blake pour la présentation de la carte géologique des États-Unis de l'Amérique du Nord.

CARTE GÉOLOGIQUE DES ÉTATS-UNIS
DE L'AMÉRIQUE SEPTENTRIONALE.

M. Blake (États-Unis). La carte géologique sur laquelle j'ai l'honneur d'appeler l'attention du Congrès est une représentation généralisée de la géologie des États-Unis, de l'océan Atlantique au Pacifique, et du Canada vers le Nord, au Mexique vers le Sud. Le professeur Hitchcock et moi, nous nous sommes efforcés de condenser et de généraliser les résultats des descriptions faites par les géologues sur ce vaste champ. Il y avait là plus qu'un travail de compilation, en présence des matériaux hétérogènes et variés, des cartes locales, des cartes des différents États qui, sans unité d'échelle ni de coloris, représentaient, sous des noms dissemblables, des formations équivalentes. Le meilleur exemple de l'importance de l'uniformité des signes conventionnels et des couleurs employés par les géologues, c'est l'extrême variété qu'on trouve aux États-Unis, rien que dans les systèmes de représentation.

Dans cette vaste région, il existe aussi de grandes étendues de pays au sujet desquelles nos connaissances sont limitées, et, pour les figurer sur une carte, il a fallu s'en tenir aux traits généraux. Cela est particulièrement vrai pour la portion occidentale de la contrée. Il ne faut pas prendre la carte pour une représentation exacte de la structure de tel district ou de telle surface, mais nous

y offrons et nous désirons y faire apercevoir une vue générale de la région d'après les faits acquis à la science au moment de la publication. Nous avons désiré contribuer à atteindre le but si utile de fortifier et d'étendre nos connaissances géologiques sur notre continent et sur le globe entier. Ce genre de cartes, si imparfaites qu'elles soient, aident au progrès de la géologie en stimulant l'étude ou la publication, et en appelant la critique ou les corrections.

Notre œuvre a été volontairement entreprise avec ces vues et ces désirs, et le travail a été donné gratuitement. Le Gouvernement en a publié trois éditions successives: la première pour le volume *Industrie et richesses* dans le neuvième *Census;* la seconde pour le *Rapport de la commission de statistique minière;* la troisième pour l'*Atlas statistique des États-Unis*, publié en 1874.

Il serait juste de dire aussi que les auteurs ont été puissamment secondés par l'habile lithographe M. J. Bien, de New-York, qui s'est créé une spécialité dans les travaux géologiques et n'a épargné ni soins ni dépenses pour la publication de cette carte.

Une copie agrandie avait été préparée, avec quelques additions, pour l'exposition du Muséum national de Philadelphie, en 1876, mais n'a pas été publiée. On a, depuis, réuni des matériaux considérables pour une nouvelle édition.

Cette carte a pour base géographique la carte des ingénieurs du département de la guerre de Washington. L'échelle est d'environ un pouce pour 100 milles. La tête d'une épingle couvrirait une surface d'à peu près 25 milles carrés. Pour les convenances de la représentation par le trait et du choix des couleurs, les formations ont été partagées en neuf groupes, comme il suit :

Éozoïque.....	Éozoïque. Métamorphique.
Paléozoïque....	Cambrien et silurien. Devonien. Carbonifère et permien.
Mésozoïque....	Triasique et jurassique. Crétacé.
Cénozoïque....	Tertiaire. Alluvions. Volcanique.

On a reconnu que les formations paléozoïques s'étendent jusqu'au versant de la côte du Pacifique; mais, vu le défaut de renseignements et de détails suffisants, on n'a pas même cru devoir tenter le tracé des subdivisions des formations au-dessous du trias, à l'ouest du 100e degré de longitude.

A cette carte, les auteurs ont joint, sur la géologie de l'est comme de l'ouest des États-Unis, des observations générales qui sont publiées dans l'Atlas statistique, en même temps qu'une liste complète des autorités et des publications auxquelles on a eu recours pour ce travail. Depuis lors, des additions considérables sont venues accroître nos connaissances, grâce aux rapports de l'*Exploration géologique du 40e parallèle*, par Clarence King, aux rapports des commissions géologiques sous la direction du professeur Hayden ou du lieutenant

Wheeler, du corps des ingénieurs des États-Unis. Le major Powel a également contribué à nous faire connaître la région Uintah.

La plupart de ces commissions sont subventionnées par des fonds spéciaux qu'alloue annuellement le Congrès des États-Unis. Il n'existe pas de commission ou de bureau géologique en permanence. La plupart des explorations topographiques et des levés de carte sont néanmoins exécutés par les ingénieurs des États-Unis, sous la direction supérieure du général Humphreys, commandant en chef des ingénieurs au département de la guerre à Washington [1]. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Choffat pour une communication relative au mélange d'horizons stratigraphiques.

MÉLANGE D'HORIZONS STRATIGRAPHIQUES

PAR SUITE DES MOUVEMENTS DU SOL;

COLONIES DANS LE TERRAIN JURASSIQUE FRANÇAIS.

M. Choffat (Suisse). Le passage latéral d'un facies à un autre facies est une chose parfaitement connue et généralement adoptée. Les passages par enchevêtrement sont moins connus; je me permettrai d'en décrire un exemple.

On peut admettre que la chaîne du Jura a la forme d'un croissant dont la concavité est tournée vers les Alpes.

Les changements de facies n'y ont pas lieu du Nord au Sud ou de l'Ouest à l'Est, mais suivant des lignes à peu près parallèles à son axe, fait très important à constater et qui se continue en partie dans les Alpes suisses, autant pour les terrains crétacés que pour les terrains jurassiques.

Si nous examinons l'oxfordien, par exemple, nous verrons que son facies argovien comprend le Jura oriental et le Jura occidental et seulement une faible bande du Jura central.

Pour avoir une idée exacte des rapports entre les deux facies, il faudra relever une série de coupes traversant ces deux aires. La contrée la plus favorable est le Jura occidental. J'ai porté sur cette planche les coupes relevées de Fertans à Saint-Claude.

Comme base, j'ai pris le niveau de l'*Ammonites athleta*, horizon qui forme la partie supérieure du callovien et qui est observable d'un bout à l'autre de la chaîne du Jura.

Fertans, à quelques kilomètres au sud de Besançon, présente le type du facies franc-comtois.

Au-dessus de l'*Ammonites athleta* se trouve la zone à *Ammonites Renggeri*, souvent appelée *marnes oxfordiennes*. Dans le Jura, elle ne contient pour ainsi dire que des Ammonites pyriteuses de petite taille. A leur partie supérieure, ces marnes se chargent de rognons calcaires, puis de silice qui forme

[1] Voir aux Annexes (Pièce n° 2) une liste des Commissions géologiques actuellement en exercice aux États-Unis.

des chailles ou géodes remplies de silice pulvérulente. Ces couches contiennent quelques Ammonites des couches inférieures et, en plus, des Pholadomyes, entre autres la *Pholadomya exaltata*, espèce très caractéristique et que je propose pour désigner ces strates.

Les couches qui les surmontent n'appartiennent plus à l'oxfordien, mais forment la partie inférieure du corallien; c'est le glypticien d'Étallon, que l'on a aussi appelé *couche à Hemicidaris crenularis* et qui appartient à l'horizon de l'*Ammonites bimammatus*. La transition est tellement insensible que la limite retombe dans l'arbitraire; il ne peut donc pas être question de lacune entre ces deux zones.

Examinons maintenant le facies argovien, qui est typique dans les environs de Saint-Claude. Le niveau de l'*Ammonites athleta* y est surmonté des couches de Birmensdorf, soit d'un banc d'Hexactinellides avec toute la faune qui accompagne ces Spongiaires, des Céphalopodes, des Brachiopodes, en un mot une faune de mer profonde.

Elles sont surmontées par les couches d'Effingen, couches marneuses qui contiennent quelques petites Ammonites pyriteuses et la *Waldheimia impressa*, ce qui les a fait souvent confondre avec les marnes à *Ammonites Renggeri*. L'élément calcaire augmente à la partie supérieure, et avec lui se présente une foule de Myacées, surtout de Pholadomyes et de Pleuromyes; mais nous n'y voyons ni la *Pleuromya varians*, ni la *Pholadomya exaltata*, qui caractérisent les couches auxquelles ce dernier nom est attribué.

Au-dessus de ces strates, nommées *couches du Geissberg*, se trouve l'horizon de l'*Ammonites bimammatus*, qui, à Saint-Claude même, offre l'extrémité de son facies à Hexactinellides, mais qui, immédiatement au Nord-Ouest, présente son facies franc-comtois connu à Fertans.

Le tableau suivant met en présence les deux facies :

FACIES FRANC-COMTOIS.	FACIES ARGOVIEN.
Horizon de l'*Ammonites bimammatus*.	
Couches à *Pholadomya exaltata*.	Couches du Geissberg.
	Couches d'Effingen.
Couches à *Ammonites Renggeri*.	Couches de Birmensdorf.
Horizon de l'*Ammonites athleta*.	

Nous pouvons maintenant examiner de quelle manière ils passent de l'un à l'autre. Ce passage n'a pas lieu latéralement par transformation de faunes, car, si de Saint-Claude nous nous avançons vers le Nord-Ouest, nous trouvons, au-dessus du niveau de l'*Ammonites athleta*, les couches à *Ammonites Renggeri* typiques, recouvertes par les trois membres du facies argovien. Nous les retrouvons encore à Cize, au sud de Champagnole, tandis qu'à Champagnole même, une mince assise des couches à *Pholadomya exaltata* est intercalée entre les couches à *Ammonites cordatus* et celles de Birmensdorf.

En nous avançant vers le Nord, nous voyons l'épaisseur de cette zone augmenter assez rapidement, les couches de Birmensdorf restant parfaitement typiques.

A Arc-sous-Montenot se trouve un changement important : un peu de silice

et avec elle quelques fossiles du glypticien se mélangent à la faune de Birmensdorf. Quelques kilomètres plus loin, ce sont les fossiles de Birmensdorf qui sont en minorité, et il ne reste plus qu'une faible distance à franchir pour trouver le facies franc-comtois typique. Sur ce même parcours, les couches d'Effingen et du Geissberg diminuent d'épaisseur, mais se trouvent encore au-dessus de la faune en grande partie glypticienne, à Dournon. Elles sont toujours surmontées par le glypticien qui se soude à celui qui occupe la Franche-Comté. Cet enchevêtrement n'est pas un accident local: j'ai relevé une coupe analogue dans le Jura bernois et soleurois.

Je n'ai trouvé qu'une seule hypothèse pouvant expliquer ce fait. Les Hexactinellides actuelles vivent à de grandes profondeurs; la faune qui accompagne les Hexactinellides fossiles fait voir qu'il en était de même de celles-ci.

La faune des couches d'Effingen dénote une profondeur moins considérable, et les Myacées des couches du Geissberg montrent une mer peu profonde.

Le facies franc-comtois présente à sa base les couches à *Ammonites Renggeri* avec une faune analogue à celle des couches d'Effingen, surmontées soit des couches à *Pholadomya exaltata*, soit de couches à faune analogue à celle du Geissberg.

On peut donc admettre qu'après le dépôt de la couche à *Amm. athleta*, le fond de la mer présentait une profondeur plus considérable dans la région interne de la chaîne que dans la région externe. Le banc d'Hexactinellides s'y formait pendant que les couches à *Amm. cordatus* se déposaient en Franche-Comté.

En même temps avait lieu un affaissement lent vers le Nord-Ouest, ce qui permettait au banc d'Hexactinellides de s'étendre peu à peu dans cette direction en recouvrant les terrains qui s'y étaient déjà déposés : premièrement, la partie inférieure, puis la totalité des couches à *Ammonites Renggeri*, puis enfin la partie inférieure des couches à *Pholadomya exaltata*.

Le banc d'Hexactinellides devint donc de plus en plus récent, jusqu'à ce qu'il atteignît la hauteur d'Arc-sous-Montenot, au moment où il allait devenir contemporain du glypticien.

L'affaissement ne continuant pas, la profondeur cessa d'être assez grande pour permettre aux Hexactinellides de prospérer, et le glypticien s'étendit au-dessus des couches oxfordiennes.

Un mouvement de bascule en sens contraire à celui que nous avons vu donna une deuxième fois à la partie interne du Jura une profondeur permettant aux Hexactinellides de s'y établir; nous avons donc un deuxième niveau à Hexactinellides, il apparaît à l'horizon de l'*Ammonites bimammatus*. Sa limite Nord-Ouest est plus rapprochée des Alpes que celle du banc précédent, et, si nous examinons un troisième banc d'Hexactinellides, les couches à *Ammonites tenuilobatus* qui correspondent à l'astartien franc-comtois, nous les trouverons encore plus éloignées du Nord-Ouest. Ce recul provient de l'exhaussement constant auquel devait être soumis le Jura pour lui permettre de devenir une lagune à l'époque purbeckienne.

Si nous examinons la faune de ces bancs d'Hexactinellides, nous trouvons que les espèces fixées au sol, Lamellibranches, Brachiopodes ou Échinides, sont les mêmes aux trois niveaux. Les bons nageurs, au contraire, sont rem-

placés par des espèces voisines; par exemple, l'*Ammonites canaliculatus*, des couches de Birmensdorf, est remplacé par l'*Ammonites marantianus*, dans l'horizon de l'*Ammonites bimammatus*.

L'*Ammonites hispidus* est remplacé par une espèce très voisine qui n'en diffère que par la courbure de ses côtes, etc.

L'explication en est bien simple et nous est fournie par les résultats des sondages des mers profondes. Les espèces pouvant nager et s'approcher de la surface de l'eau ont subi l'influence des changements survenus dans les conditions extérieures; elles ont été modifiées. Celles qui habitent les grandes profondeurs n'ont pas subi ces influences et n'ont pas été modifiées.

Pour que les espèces liées au fond de la mer et aux bancs d'Hexactinellides puissent apparaître à plusieurs reprises dans le Jura méridional, il faut que le banc d'Hexactinellides ait existé sans interruption dans une certaine contrée. Et comme il est bien démontré que cette contrée n'est pas au Nord-Ouest, elle doit donc être vers le Sud.

Voilà, Messieurs, une récurrence de faunes; voilà, dans les terrains jurassiques et sur territoire français, des colonies analogues aux colonies siluriennes décrites par l'homme illustre qui siège au milieu de nous. (Applaudissements.)

M. Renevier (Suisse). Ce n'est pas pour une critique que j'ai demandé la parole, mais au contraire pour attirer l'attention de mes collègues sur l'importance des observations de M. Choffat, relatives à un sujet qui exige des études stratigraphiques et paléontologiques très attentives, très minutieuses et très exactes. Nous trouverons sans doute, dans cet ordre d'idées, le moyen de résoudre à l'avenir beaucoup de difficultés qui se présentent actuellement à nous.

Nos discussions viennent souvent de ce que les uns ont vu d'une certaine manière dans une localité, et les autres d'une manière différente ailleurs. Tous peuvent avoir également raison, quant aux faits observés : leurs généralisations seules sont erronées. Les divergences de vues proviennent souvent, en définitive, de variations de facies produites par des différences dans la profondeur de la mer ou dans les autres conditions physiques des dépôts. Il ne faut pas nous alarmer lorsque nous rencontrons de tels désaccords entre des observateurs également consciencieux. On arrivera tôt ou tard à comprendre la cause de ces différences quand on connaîtra suffisamment les divers facies des terrains sédimentaires.

Je veux finir en témoignant ma satisfaction à M. Choffat pour les belles observations qu'il a faites, car je crois qu'il est utile d'insister sur ce point, afin que de pareils travaux ne restent pas inaperçus. (Applaudissements.)

M. Gosselet. Messieurs, je voudrais aussi adresser quelques mots de félicitations à M. Choffat, car la science se forme par l'assentiment universel : il y a dans son travail une nouvelle manière d'envisager la distribution des fossiles et les conséquences qui en résultent pour la stratigraphie. Le mot *nouvelle* n'est pas parfaitement exact, car, comme M. Choffat l'a fait observer lui-même, c'est M. Barrande qui, il y a trente ans, nous a ouvert la voie par sa découverte des colonies.

La doctrine des colonies, qui a excité tant d'émoi lors de son apparition, paraît maintenant un fait normal. M. Choffat en a reconnu dans le Jura; M. Barrois en trouvait, il y a un an, dans le terrain crétacé du nord de la France. Cette doctrine conduit à admettre que des faunes légèrement différentes ont pu vivre en même temps dans des bassins séparés. Elle est en relation avec l'idée, également récente, de facies paléontologiques distincts pour des dépôts qui se sont formés en même temps, mais dans des conditions différentes de sédimentation. J'ai constaté des faits de ce genre dans le terrain dévonien du nord de la France et de la Belgique, dont je poursuis depuis longtemps l'étude. J'ai pu y saisir l'enchaînement des faunes et les variations zoologiques qui font que les espèces se succèdent peu à peu. J'y ai reconnu aussi que la faune est variable avec la position géographique, comme M. Choffat vient de nous le dire pour le Jura.

Ces considérations devront à l'avenir jouer dans la science un rôle considérable; elles sont en contradiction avec les doctrines absolues d'une école qui a régné il y a une trentaine d'années. On prétendait alors que partout une même assise était caractérisée par les mêmes espèces et que ces fossiles caractéristiques ne peuvent passer d'une couche dans une autre. Toutefois, en nous écartant de cette méthode, que l'on pourrait appeler la méthode de d'Orbigny, parce que c'est cet illustre paléontologiste qui l'a exposée avec le plus de rigueur et qui l'a fait prévaloir, en France du moins, il ne faut pas oublier les grands services qu'elle a rendus et qu'elle peut rendre encore, car c'est à elle que l'on doit presque tous les progrès de la géologie; c'est elle qui a fondé la paléontologie stratigraphique; c'est encore notre seule règle positive, notre criterium le plus certain; je dirai même : nous n'en avons pas d'autres. N'abandonnons donc pas les règles de la paléontologie et continuons à assimiler les couches quand elles renferment les mêmes fossiles, tout en reconnaissant, lorsque ce sera bien démontré, que deux dépôts, ayant une faune un peu différente, peuvent néanmoins être contemporains; restons fidèles à notre vieux système paléontologique; faisons la part du progrès, mais sachons aussi faire celle de la sagesse et de la prudence. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. le colonel C. Ribeiro.

DES FORMATIONS TERTIAIRES DU PORTUGAL.

M. Ribeiro (Portugal). La série des couches principales qui entrent dans la constitution géologique des formations tertiaires du Portugal se présente ainsi dans l'ordre ascendant :

MIOCÈNE INFÉRIEUR.

I. — Formation basaltique en masses, en filons et en nappes.

II. — Formation sédimentaire d'eau douce avec fossiles très rares.

MIOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR.

III. — Formation marine avec fossiles analogues à ceux du bassin méditerranéen et des environs de Vienne en Autriche.

IV. — Formation d'eau douce avec vertébrés terrestres, invertébrés et plantes fossiles.

PLIOCÈNE.

V. — Formation sableuse.

I.

La première formation se voit sur différents points de la contrée, au nord et à l'ouest de Lisbonne, comme il est indiqué sur la carte géologique du Portugal. Le basalte proprement dit se présente tantôt en nappes, en filons et en dykes, tantôt en masses sphéroïdales et prismatiques perçant les couches de grès et de calcaire du terrain crétacé moyen, comme on le voit au nord et au nord-est de la pittoresque montagne de Cintra, et aussi aux environs du village de Mafra. Mais la partie principale et la plus importante de cette formation consiste en un grand lambeau qui se trouve tout près de Lisbonne. Sa forme est très irrégulière; il a une longueur de 20 kilomètres du Sud au Nord, et une largeur de 5 à 10 kilomètres.

Ce lambeau est composé d'un grand nombre de nappes superposées à la manière des couches sédimentaires, et repose sur les assises de notre crétacé supérieur.

Sa composition est très analogue à celle de tous les basaltes à olivine. Cette roche, qui est en général noirâtre, plus ou moins compacte, se présente assez fréquemment avec une couleur gris cendré et même rougeâtre. En ce cas, elle n'a ni la dureté ni la densité du basalte noir ou noirâtre; son aspect devient lithoïde, et quelquefois sa masse est criblée de cavités plus ou moins sphériques. Dans le basalte de couleur noirâtre moins compacte, il arrive aussi que la masse est percée de cavités, les unes tout à fait vides, les autres pleines de zéolithes, de carbonate de chaux, etc.

Le basalte grenu noir, et aussi le basalte gris cendré ou rougeâtre, passent à un basalte de structure globuleuse dont les petites masses sont de la grosseur des grains de maïs, de sorte qu'une même nappe change de structure et prend à la fois ces différents aspects.

Dans certaines localités, comme dans les environs de Loures et d'Almargem do Bispo, à 10 et à 25 kilomètres au nord et au nord-ouest de Lisbonne, la structure en nappes disparaît entièrement. Le basalte compact et lithoïde devient granuleux à l'œil nu; la proportion d'olivine augmente; le pyroxène apparaît en grands cristaux macroscopiques. A 10 et 12 kilomètres au nord-ouest de Lisbonne, il y a, au milieu de la région basaltique, tout près des petits villages de Queluz et de Porcalhota, des collines qu'on nomme *Serra d'Alfragil* et *Serra d'Amadóra*, qui forment deux bandes presque parallèles entre elles dans lesquelles la roche est un basalte porphyroïde à grands cristaux de pyroxène. Or, toutes les altérations métamorphiques qu'on y peut constater sont dues, à mon avis, à l'intrusion de nouvelles émissions ignées au milieu des nappes de basalte préexistantes. La preuve en est dans l'existence de nombreux filons de roches feldspathiques dont les affleurements se voient non loin des nappes de basalte et dans toute la contrée, jusqu'au village de Mafra, coupant

toute la série des couches de calcaire et de grès du terrain crétacé moyen et supérieur.

Ce qu'il y a de très curieux et à la fois de très instructif pour la géologie du pays, c'est que les couches du crétacé moyen renferment, dans des crevasses qui ont été ouvertes, de grands morceaux de couches du calcaire à rudistes de l'étage supérieur, mêlés à des fragments de roches basaltiques. La profondeur de ces crevasses en rapport avec la position qu'auraient occupée les couches de calcaire, dans la verticale de ces points, ne doit pas être inférieure à 600 mètres. On voit ces crevasses à une lieue au nord du village de Bellas, à Chileiros et à Mafra, à 2 ou 3 kilomètres à l'est de la route de Lisbonne à Mafra, et aussi dans la falaise au nord du village d'Ericeira, etc.

Les conséquences que le géologue peut tirer de tous ces faits sont : 1° que les couches de l'étage supérieur du calcaire à rudistes se prolongeaient beaucoup plus loin vers le Nord; 2° que les crevasses du crétacé moyen auxquelles nous venons de faire allusion correspondent à de très profondes cassures qui traversèrent les différents étages de la formation crétacée et livrèrent passage à des émissions basaltiques; 3° qu'après ces événements, une dénudation immense a fait disparaître une grande portion de la croûte du sol de cette région.

Cependant le basalte du grand lambeau s'est fait jour à travers les couches du calcaire à rudistes, s'introduisant parmi les plans de stratification et de clivage du même calcaire.

Il en est résulté que, dans plusieurs endroits, des parties plus ou moins considérables des couches calcaires sont restées tout à fait isolées au milieu des basaltes.

Des émissions ferrugineuses et siliceuses ont précédé et accompagné la sortie des roches basaltiques. Elles sont représentées par des terres argileuses très rouges et ocracées, avec des masses d'hématite, et aussi par du silex nectique, avec fossiles silicifiés du calcaire à rudistes.

Ce qui a une très grande importance pour la géologie et la paléontologie, c'est la découverte de fossiles d'eau douce dans le sein des couches lenticulaires intercalées dans les nappes basaltiques. Quelques-uns sont dans un état de conservation parfaite, malgré la fragilité du test, ce qui révèle d'une manière incontestable que ces coquillages n'ont pas subi de changements de lieu, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas été entraînés loin de leur station naturelle et n'ont pas été exposés non plus aux mouvements tumultueux des eaux au sein desquelles ces couches se sont déposées. En conséquence, il nous semble possible d'admettre :

1° Que les éruptions basaltiques des environs de Lisbonne ont eu lieu dans un lac d'eau douce;

2° Que dans l'intervalle de ces éruptions il y a eu des périodes de tranquillité pendant lesquelles la vie animale a pu se manifester.

Les fossiles dont je viens de vous parler présentent, d'après les savants spécialistes, des formes paléontologiques tout à fait inconnues pour la faune miocène. M. Tournouër, qui a eu l'obligeance d'examiner quelques exemplaires que

j'ai apportés de Lisbonne, a déclaré qu'ils lui paraissaient, au premier aspect, d'un âge bien plus ancien; cependant j'attends encore sur ce sujet son dernier mot.

Il me semble que la présence de formes paléontologiques crétacées peut difficilement se concilier avec les indications stratigraphiques que nous avons mentionnées. Au contraire, mon avis serait que les considérations exposées devraient faire envisager les basaltes et les couches dont il s'agit comme *miocènes*.

II.

Aux nappes basaltiques succède la première formation d'eau douce tertiaire. Celle-ci commence dans les environs de Lisbonne par des couches composées d'éléments grossiers où se rencontrent en abondance des débris de roches basaltiques disséminés dans une pâte argilo-ferrugineuse rouge foncé. Puis vient un grès qui se trouve aussi formé de débris basaltiques, de sable quartzeux, et d'autres roches réunies par la même pâte. Le calcaire commence à paraître dans cette couche, mais en petites veinules. En suivant l'ordre ascendant, on voit des couches de grès, de conglomérats et de calcaires blancs ou jaunâtres alternant entre eux à différentes reprises.

Non seulement les couches inférieures sont formées d'éléments assez grossiers, mais leurs caractères pétrographiques n'ont pas de régularité dans une même assise; ils changent çà et là par suite de ce fait que les émissions de l'intérieur n'étaient pas encore éteintes. Parfois la masse sédimentaire passe à une roche basaltique; d'autre part, les bouleversements dans les plans de stratification sont encore fréquents et très forts; de sorte que les phénomènes de la sédimentation de cette formation d'eau douce ont commencé au milieu de grandes perturbations. On pourrait voir dans les environs de Loures, à côté du chemin de Loures à Tojal, et de Bemfica aux plaines de Carnide, près de Lisbonne, des exemples très instructifs de ces remarquables passages des basaltes à la couche sédimentaire sous l'influence encore énergique des actions éruptives.

Les éléments grossiers de ces couches inférieures disparaissent peu à peu dans la série, de telle sorte que dans la partie supérieure les couches sont d'un calcaire lithoïde, fin, blanc, sans fossiles; et dans le voisinage des couches marines qui sont au-dessus, les débris organiques commencent à paraître. C'est seulement dans les environs du hameau Martim-Affonso, au nord-est de Cintra, que nous avons trouvé dans ces couches quelques moules de *Planorbis* et de *Limnœa*. Par les caractères généraux que je viens d'exposer, on reconnaît que les deux formations dont il s'agit ont des rapports étroits, et on peut dire même que la sortie des basaltes et le dépôt des couches en question sont des faits qui se sont produits l'un après l'autre, sans interruption, c'est-à-dire compris dans une même période géologique.

Ces deux dépôts, tels qu'ils se présentent aux environs de Lisbonne, montrent une épaisseur que nous avons estimée à 120 mètres pour les basaltes, et à 80 ou 100 mètres pour la formation lacustre.

Dans le bassin du Sado, les caractères pétrographiques et géologiques de la formation sédimentaire sont tout à fait semblables aux précédents, d'autant plus que les deux bassins n'en constituaient qu'un seul autrefois.

Dans les environs de la ville de Moura, sur la rive gauche du fleuve Guadiana, les couches de calcaire lacustre sont très développées; leurs caractères pétrographiques et leur facies rappellent beaucoup ceux des assises observées aux environs d'Estremoz et aux abords du Cano dont j'ai déjà parlé ailleurs. Aussi, je les considère comme appartenant au même âge. J'ai trouvé des traces de Planorbes et de Limnées dans ces couches auprès de Moura.

Le dépôt sédimentaire des bassins du Tage et du Sado, dont la partie principale est couverte par des formations plus modernes, se trouve partout ailleurs divisé en lambeaux de grandeurs très différentes et assez éloignés entre eux, couvrant le sol granitique ou schisteux et les formations secondaires, comme on le voit sur notre carte géologique. Mais il faut faire attention que la plupart de ces lambeaux ont été séparés de la partie principale par les mouvements du sol et par les dénudations subséquentes. Toutefois les couches sont, en général, dans une situation presque horizontale ou plongent très faiblement, si ce n'est dans le voisinage des grandes lignes de dislocations où les plans de stratification se redressent à 30, à 60°, et même jusqu'à la verticale.

D'autre part, l'observation des faits démontre que les couches de cette formation se déposèrent dans les lacs subordonnés aux grands bassins du Tage, du Douro, du Guadiana. Ces lacs ont occupé une large partie de la région occidentale et de la région méridionale des bassins de ces fleuves, durant la même période tertiaire, en faisant pendant aux lacs miocènes des régions de l'intérieur de l'Espagne (Castilla a Nueva y Castilla a Vieja), dont les géologues espagnols et M. de Verneuil ont déjà parlé. Ils jouent un rôle très important dans la constitution orographique et géologique de la partie centrale et occidentale de notre péninsule.

Les couches lacustres du bassin du Tage viennent aussi s'adosser au versant Nord de la pittoresque montagne que nous appelons «Serra de Cintra», à 30 kilomètres à l'ouest de Lisbonne. Mais il faut remarquer que sur le versant occidental coupé à pic, et nommé le cap de Roca (bien connu en géographie pour être le point du continent européen le plus avancé sur l'Atlantique), on voit, à côté même du cap, un petit lambeau de cette formation tertiaire couvrant le calcaire crétacé moyen et indiquant, d'une manière positive, que la côte maritime, dans nos latitudes, était alors bien plus avancée vers l'Occident.

III.

Postérieurement, la partie extrême du continent de notre péninsule s'est disloquée, et la mer a empiété sur le lac de l'ancien bassin du Tage. Des dénudations se sont effectuées, et les eaux ont déposé les couches miocènes marines, tantôt dans le grand estuaire qui venait d'être ouvert et sur le sol correspondant aux bassins du Tage et du Sado, tantôt en dehors de ces bassins primitifs.

Le littoral de la partie méridionale de notre pays que nous appelons «Algarve», après le cap de Saint-Vincent jusqu'à l'embouchure du fleuve Guadiana, et de même le littoral de la province de Huelva (Espagne), qui fait suite à la côte maritime portugaise, ont été aussi envahis par la mer tertiaire. Elle a laissé là ses dépôts bien caractérisés au-dessus des terrains crétacés et jurassiques; mais ils sont tout à fait littoraux.

Du cap de Saint-Vincent jusqu'aux abords de la ville de Lagos, cette formation marine est représentée par de petits lambeaux sur les falaises, et, depuis la ville de Lagos jusqu'à la ville de Faro, on voit une bande étroite, mais continue, de la même formation dont les couches constituent les falaises maritimes.

De même pour l'Est, et depuis la ville de Tavira jusqu'aux environs de la ville de Huelva, ces couches marines viennent de la même manière former le littoral et quelques falaises; mais ici elles sont fréquemment interrompues par des dépôts plus modernes qui les recouvrent, ou par des affleurements de roches schisteuses d'ancienne date.

En ce qui concerne les bassins du Tage et du Sado, la formation est partagée en différents lambeaux de grandeur très variable, dont les plus éloignés des villes de Lisbonne et Setubal se trouvent aux abords des petites villes de Cabrella (près de Vendas Novas), Lavre et Alcacer do Sal, et sont situés ainsi à 50 ou 80 kilomètres à l'est et au sud-est de Lisbonne, et à 50 ou 60 kilomètres au sud-est de la ville de Setubal. Quelques-uns de ces lambeaux ayant une surface très petite ne peuvent pas être représentés dans notre carte géologique à l'échelle de 1/500000e.

La partie la plus importante de cette formation est celle qui s'étend aux abords de Lisbonne, de Setubal et d'Alcacer do Sal, où elle se développe avec une assez grande extension.

Les dislocations qui ont mis en communication le lac d'eau douce et la mer dans le bassin du Tage ont déterminé quelques dénudations, d'ailleurs peu importantes. En effet, nous voyons les basaltes et les couches miocènes d'eau douce dénudés sur la rive droite du Tage, depuis l'embouchure jusqu'à Lisbonne. Entre les petits villages de Povoa et d'Alhandra, sur la même rive, les couches miocènes marines reposent directement sur les formations secondaires, tandis qu'à une distance relativement petite et presque parallèlement à la même rive du Tage, depuis Bemfica jusqu'au petit village de Vialonga, on voit les couches marines recouvrant en *stratification concordante* les couches de calcaire blanchâtre d'eau douce de la formation précédente. De même de l'autre côté du fleuve; à l'ouest de la colline de Palmella, à 4 ou 5 kilomètres au nord de Setubal, et aux abords des petits hameaux qu'on appelle Azeitao, les couches miocènes marines succèdent aux couches d'eau douce. Au contraire, auprès de la ville de Setubal et sur le littoral au nord du cap d'Espichel, non loin du village de Cézimbra, les couches marines recouvrent les roches calcaires et arénacées des formations crétacées ou wealdiennes.

Conséquemment, la dénudation est évidente, mais elle n'a pas été un événement soudain; d'autant plus qu'indépendamment de la concordance de stratification que nous avons déjà remarquée, il y a eu une transition insensible dans les

caractères pétrographiques depuis les couches inférieures de la formation d'eau douce jusqu'aux assises marines, comme on le voit très nettement tout près des hameaux d'Azeitao. De sorte que, nonobstant les changements assez remarquables dans la géographie locale qui se sont accomplis dans le passage des émissions basaltiques aux couches d'eau douce, et de cette formation aux couches marines, il paraît que ces trois dépôts se sont effectués dans une même période géologique.

Enfin, les couches marines dont il s'agit sont formées de calcaire jaunâtre un peu grossier, de couleur très claire et même blanche dans les endroits les plus éloignés de la mer; de faluns jaunes ocracés, de grès jaunâtres également ocracés et quelquefois blancs, d'argiles grises et bleuâtres. Les couches alternent plusieurs fois entre elles dans les étages les plus supérieurs de la falaise, entre l'embouchure du Tage et le petit lac d'eau salée qu'on appelle «Lagoa d'Albufeira»; les argiles y prédominent avec des fossiles mieux conservés.

L'épaisseur totale de cette formation marine dépasse 140 mètres.

Quant aux fossiles, ils sont presque tous marins et appartiennent à l'âge moyen et à l'âge supérieur de la période miocène. Il s'y trouve un très grand nombre d'espèces propres aux dépôts miocènes marins des bassins de l'Adour et de Dax, et aussi la plupart des espèces du bassin de Vienne en Autriche. Les genres et les espèces de mollusques de nos bassins marins miocènes, examinés jusqu'à présent, font un total assez grand, comme on le voit par la liste que j'en ai dressée [1].

Les cétacés, les poissons, les échinodermes, les cirrhipèdes, les foraminifères et les polypiers, qui appartiennent à cette faune, ne sont pas encore déterminés.

IV.

Parallèlement à ces assises lacustres et marines, et en amont de leurs limites, il s'est déposé d'autres couches d'eau douce qui peuvent être considérées comme faisant suite à celles du même genre dont il a été parlé précédemment, et comme appartenant à la même formation. Ainsi, si nous venions à examiner toute la série miocène lacustre aux environs d'Alemquer ou d'Abrigada, en faisant une coupe de l'Ouest vers l'Est, nous irions depuis les couches de la première formation lacustre jusqu'aux couches les plus modernes du miocène également lacustre, en rencontrant d'abord des grès, des conglomérats et des calcaires blancs avec des marnes et des grès plus ou moins grossiers; ensuite, dans l'ordre ascendant et en stratification concordante, nous trouverions des grès, des marnes et des calcaires dans les assises supérieures appartenant à la seconde formation; le tout faisant une épaisseur qui, à notre avis, dépasse 150 mètres.

Néanmoins, les caractères lithologiques et pétrographiques de toutes ces couches varient énormément d'un point à un autre; un calcaire passe tout à coup au grès grossier, les marnes se changent en calcaires ou en grès, etc. Cette irrégularité est encore plus remarquable sur les points où les sources

[1] Voir Pièce annexe n° 1.

jaillissantes ont traversé le sol et en ont altéré la constitution chimique en imprégnant plus ou moins la roche de tuf calcaire.

Nous ferons remarquer aussi que le calcaire manque dans la formation inférieure entre les villes de Santarem et Rio-Maior, au nord-est et au nord de Lisbonne; par contre, il se développe beaucoup au nord-est d'Alcanede, prenant la place des grès rouges.

Le calcaire prédomine dans les environs de Torres-Novas et de Thomar, au nord-est de Santarem, où il prend des caractères qui le font ressembler aux roches crétacées ou jurassiques du voisinage.

Les coupes les plus instructives que le géologue puisse faire pour prendre connaissance de cette formation sont les suivantes :

1° De Loures (à 14 kilomètres au nord-est de Lisbonne) à Friellas et Povoa de Santa-Iria, sur la rive droite du Tage. On y trouvera la formation basaltique; au-dessus, la formation tertiaire lacustre; et, en haut, la formation miocène marine.

2° D'Otta, à 6 kilomètres au nord de la ville d'Alemquer, en suivant à peu près la direction Ouest-Est vers le hameau de Torres et Moinho do Cubo jusqu'au plateau d'Aveiras do Cima. Cette coupe ne traverse que les deux formations d'eau douce.

3° De la ville de Santarem, par Tremez, jusqu'au village de Rio-Maior. On y trouve seulement les deux formations lacustres; mais on y peut étudier la différence notable des caractères pétrographiques de leurs couches.

Dans la seconde coupe, et parmi les couches de calcaire et de grès inférieur, j'ai trouvé des éclats de silex qui, à mon jugement, portent la trace d'un travail humain ou fait intentionnellement. Quelques-uns de ces exemplaires sont exposés dans l'annexe des sciences anthropologiques au Trocadéro, dans la vitrine du Portugal.

La même coupe montre à la partie supérieure de la seconde formation d'eau douce, une assise où nous avons ramassé quelques débris de vertébrés. J'ai apporté à Paris des dents de ces animaux dont je dois la détermination à l'amabilité de M. A. Gaudry, et qui se rapportent aux espèces suivantes :

Sus provincialis ?
Sus chæroides ;
Sus sp. ;
Listriodon;
Rhinoceros minutus ;
Antilope recticornis, intermédiaire pour la taille entre le *Tragoceros amaltheus* et le *Palæoreas ;*
Une arrière-molaire d'une antilope (?) de la taille du *Cervus megaceros;*
Hyæmoschus ;
Mastodon angustidens;
Hipparion gracile.

Dans quelques couches très minces d'argile de la même assise, nous avons

trouvé aussi des débris de végétaux. Les uns nous semblent appartenir aux genres *Quercus* et *Salix*, et d'autres offrent des espèces qui ne sont pas encore déterminées.

En terminant ce que j'ai à dire dans cette communication à l'égard des formations miocènes, je dois donner une explication sur les couleurs conventionnelles qui, dans la carte géologique du Portugal, représentent le terrain tertiaire. Plusieurs raisons m'ont décidé à désigner par une seule couleur les couches d'eau douce de la première et de la troisième formation. La ressemblance du facies lacustre de ces deux dépôts; la continuité de leurs couches et leur concordance parfaite dont j'ai parlé plus haut; enfin, le manque de fossiles caractéristiques dans chacun d'eux ne donnent pas de moyens sûrs pour les séparer. Aussi, mon collègue, M. Delgado, et moi, nous avons résolu de ne point les distinguer, dans notre carte, par des couleurs différentes.

V.

Enfin, toutes ces formations miocènes sont recouvertes par un autre dépôt, également tertiaire, composé principalement de grès et d'argiles. Ces roches couvrent une grande étendue de notre région littorale, et principalement la surface de la région occidentale des bassins hydrographiques du Tage, du Sado, du Mondego et du Vouga.

C'est la formation la plus compliquée et la plus difficile à étudier que nous ayons. Peut-être contient-elle des dépôts préglaciaires, principalement dans les bassins du Mondego et du Vouga, non loin des villes de Coimbra et d'Aveiro, mais ces dépôts ont de tels rapports avec les couches inférieures que je n'ose pas les séparer pour le moment.

Dans un lambeau composé de couches de grès grossier et de marnes argileuses, on a trouvé deux lames de dents et quelques os d'un grand mammifère, que M. Gaudry a nommé, avec beaucoup de réserve, *Elephas antiquus*, et une dent d'un autre animal que nous avons déterminé comme *Equus caballus*, détermination que le même savant a confirmée, quoique aussi avec réserve.

Ce dépôt appartient-il, en effet, à la fin de la période tertiaire? Provisoirement, nous l'avons considéré comme pliocène.

C'est tout ce que nous pouvons dire, pour le moment, à l'égard de notre terrain tertiaire, dont les formations demandent encore à être très étudiées, soit pour leurs faunes marines ou terrestres, soit pour ce qui concerne la stratigraphie et l'orographie du sol. (Applaudissements.)

M. R. Tournouër. Puisque M. Ribeiro m'a fait l'honneur de me citer, je demande la permission de dire quelques mots des deux espèces de coquilles qu'il a bien voulu me soumettre et qui ont été trouvées par lui au-dessus du terrain crétacé des environs de Lisbonne et au milieu des épanchements basaltiques d'une formation qu'il attribue à l'époque miocène.

Ces deux coquilles, imparfaitement conservées, dont l'une a l'apparence d'un *Scarabus*, et l'autre celle d'un *Pupa*, me sont complètement inconnues, et

leur forme me paraît tout à fait étrangère à la faune miocène de l'Europe. Leur aspect, leur forme générale, la couleur lie de vin de leur gangue, leur position stratigraphique au-dessus de l'étage crétacé supérieur m'ont donné la première impression qu'elles appartenaient à une époque beaucoup plus reculée que l'époque miocène, peut-être à la faune de l'étage garumnien ou du système fluvio-lacustre crétacé de Fuveau, dont elles rappellent un peu à première vue certaines formes (*Bulimus proboscidens*, Matheron; *Pupa*, sp., etc.) et dont les débris auraient pu être englobés dans les éruptions basaltiques postérieures.

S'il en est autrement, et si M. Ribeiro persiste à penser que cette interprétation des faits géologiques n'est pas possible, et que l'ensemble du terrain où ont été trouvés ces fossiles doit être attribué à l'époque miocène, je puis du moins affirmer, je le répète, que ces deux coquilles me sont spécifiquement inconnues, et que je ne connais même rien d'analogue dans la faune malacologique de cette époque [1].

La séance est levée à cinq heures et demie.

[1] Une nouvelle étude des fossiles en question m'a permis de reconnaître que la plus grosse des deux coquilles, quoique sa bouche soit en grande partie mutilée, était très probablement un petit *Bulimus*, du groupe des *Plecochilus*, Guilding, de l'Amérique du Sud, voisin, par exemple, du *B. signatus*, Wagner, du Brésil.

La coquille est petite, ovoïde, subglobuleuse, perforée, et compte 6 à 7 tours convexes qui s'accroissent très rapidement. La spire est très courte, les deux derniers tours étant subitement très développés; le dernier est anguleux, carrément géniculé, comme dans les Auriculidées de la section des *Pythia*, Bolten (*Scarabus*, Montfort), que la coquille rappelle beaucoup par sa forme générale. Mais la coquille n'est pas comprimée et ne présente pas les varices latérales des *Pythia;* sa columelle, d'après ce que j'ai pu observer, ne paraît pas non plus présenter de traces des gros plis transversaux des Auricules, mais seulement une lamelle étroite longitudinale située à la hauteur de l'ombilic. La partie antérieure de la bouche est malheureusement brisée. Le labre, dont l'intérieur m'est inconnu, est dilaté et légèrement réfléchi en dehors.

Ces divers caractères peuvent convenir, comme je l'ai dit, à une coquille terrestre voisine de certains Bulimes de l'Amérique du Sud, et provisoirement, du moins, je crois être autorisé à l'inscrire comme espèce nouvelle, sous le nom qui lui est bien dû, de :

Bulimus (Plecochilus) Ribeiroi.

«Testa parva, ovoidea, subglobosa, perforata: spira brevi, anfractibus 6-7 convexis, ultimo peramplo, anticè geniculato, columella dilatata, lamella angusta longitudinali prædicta; labro extus reflexo.

«Long. 25 millim., latit. 20 millim.»

La seconde coquille, beaucoup plus petite (15 millimètres de long sur 8 millimètres de large) est turriculée comme un gros *Pupa*, avec le dernier tour fortement géniculé comme dans l'autre espèce. Peut-être est-ce un *Buliminus?* La bouche m'étant complètement inconnue, l'attribution générique elle-même reste incertaine.

Quoique ces deux coquilles, et surtout la première, aient un facies qui m'est inconnu dans le miocène européen, cependant la faune malacologique terrestre et fluviale de cette époque ayant déjà quelques rapports constatés avec la faune américaine centrale ou méridionale, et étant donné la situation géographique du Portugal, rien ne s'oppose absolument, au point de vue paléontologique, à ce que ces deux espèces soient attribuées à la faune miocène, comme le voudrait M. Ribeiro, par des considérations purement géologiques. R. T. (Note de juin 1880.)

SÉANCE DU MARDI 3 SEPTEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. TORELL, PUIS DE M. STERRY HUNT,

Assistés de MM. Hébert, Capellini, Gaudry, de Moeller, Stephanesco et Vilanova.

Sommaire. — **Valeur de la composition minéralogique et de la texture des roches, au point de vue de leur origine et de leur âge.** — Communications : Microcline et Feldspaths tricliniques, par M. Des Cloizeaux. — Emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour l'étude des roches, par M. Michel Lévy. — Observations de M. Sterry Hunt. — Rapport de la propagation de la chaleur dans les roches et de leur structure au point de vue de leur origine, par M. Jannettaz. — Terrains précambriens de l'Amérique du Nord, par M. Sterry Hunt. Discussion : MM. Selwyn, Ch. Barrois et Sterry Hunt. — Classification et chronologie des roches éruptives tertiaires de la Hongrie, par M. Szabo. — Observations de M. Vélain. — Origine des volcans, par M. Virlet d'Aoust.

La séance est ouverte à trois heures.

M. le Président. La parole est à M. Des Cloizeaux pour une communication sur le Microcline et sur les Feldspaths tricliniques.

LE MICROCLINE ET LES FELDSPATHS TRICLINIQUES.

M. Des Cloizeaux. Messieurs, j'ai publié en 1875, dans le tome IV des *Annales de chimie et de physique*, un mémoire sur les propriétés optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques et sur un procédé pour les distinguer immédiatement les uns des autres.

Cette distinction est basée sur la différence qu'on observe dans l'orientation du plan des axes optiques par rapport aux deux clivages principaux p et g^1, base et plan des petites diagonales des bases, dans leur écartement et dans les divers genres de dispersion qu'ils présentent.

Les caractères sont suffisamment nets et tranchés pour ne laisser aucun doute sur la nature de l'albite, de l'oligoclase, du labradorite et de l'anorthite; mais ce procédé exige des plaques suffisamment homogènes et d'une épaisseur d'un quart à un demi-millimètre, ayant au moins 2 ou 3 millimètres carrés. De plus, les surfaces polies, à travers lesquelles se fait l'observation des phénomènes optiques biréfringents, doivent être orientées soigneusement, et leur travail exige à chaque instant le contrôle de mesures d'angles prises sur la base ou sur g^1. Quant aux observations elles-mêmes, elles ne

peuvent être faites que dans l'huile et non dans l'air, à cause du grand écartement des axes optiques des feldspaths tricliniques, et elles demandent l'emploi d'un microscope polarisant horizontal, semblable à celui que j'ai fait construire en 1864 et qui se trouve maintenant entre les mains de tous les minéralogistes.

Au lieu d'employer un microscope à lumière polarisée convergente et à faible grossissement, si l'on a recours à un microscope à lumière parallèle et susceptible de donner tous les grossissements désirables, on se trouve placé dans les conditions nécessaires pour l'examen des sections minces prises sur des roches composées, examen qui, depuis quelques années, a fait faire de si grands progrès à la pétrographie, et a si profondément modifié les idées admises jusqu'ici sur la composition de diverses roches. Or, la découverte que j'ai faite en 1876 (*Annales de chimie et de physique*, t. IX), à l'aide de l'examen microscopique, d'un nouveau feldspath triclinique, le *microcline*, ainsi que l'établissement des différences qui se manifestent entre des lames de clivage empruntées aux divers autres feldspaths, montrent quels services on peut attendre de ce procédé. M. Michel-Lévy vous dira tout à l'heure quel parti on a déjà tiré de ces différences pour l'étude des roches.

Relativement au microcline en particulier, voici comment sa présence se révèle. Des feldspaths, formant une très nombreuse série et provenant surtout de granites, de pegmatites, de gneiss et de syénites, avaient été jusqu'ici regardés comme appartenant à l'orthose. L'angle de leurs deux clivages principaux p et g^1, toujours difficile à mesurer très exactement, à cause de l'imperfection des surfaces réfléchissantes, ne diffère, en effet, que de 10 à 15′ de l'angle droit. Il est donc impossible de les distinguer, par cette mesure seule, des véritables orthoses. Mais si l'on examine entre deux nicols croisés, sous un microscope à lumière parallèle grossissant de soixante à cent fois, des lames très minces clivées parallèlement à la base d'un des feldspaths dont je viens de parler, usées à l'émeri fin pour enlever toutes leurs aspérités, et polies ou noyées dans du baume de Canada, on voit immédiatement que la direction suivant laquelle a lieu l'extinction *maximum* de la lumière, fait un angle d'environ 15°30′ avec l'arête pg^1, au lieu de lui être parallèle, comme dans l'orthose, ou de lui être inclinée seulement de 1 à 2°, 3 à 4° ou 6° 27′, comme dans l'oligoclase, l'albite et le labradorite. On remarque, de plus, que la structure de la lame n'est, pour ainsi dire, jamais homogène, et que, le plus souvent, elle offre un aspect quadrillé. Cet aspect est dû à l'entre-croisement de nombreuses bandelettes plus ou moins étroites, hémitropes ou non hémitropes, les unes parallèles au clivage g^1, les autres traçant sur p des lignes généralement perpendiculaires à l'arête pg^1 ou faisant avec elle un angle de 92 à 93°. Il est également facile de reconnaître qu'au milieu des bandelettes où l'extinction maximum se fait à 15 ou 16° de l'arête pg^1, il s'en trouve parfois quelques-unes qui éteignent la lumière polarisée parallèlement à cette arête, et que la masse quadrillée est très souvent pénétrée par des inclusions figurant des filons transversaux étroits, à contours irréguliers, où le plan d'extinction maximum fait avec les bandes verticales un angle très aigu de 3 à 4°.

Au lieu de quadrilles rectangulaires ou presque rectangulaires, certaines variétés offrent une masse à structure irrégulièrement déchirée ou plus ou moins régulièrement guillochée, dans laquelle il est facile de distinguer, à l'aide de leur extinction, des plages généralement hémitropes de microcline, d'autres plages assez rares d'orthose et des inclusions composées elles-mêmes de deux séries de bandelettes hémitropes de largeurs très variables. Ces phénomènes annoncent donc un mélange physique d'au moins trois feldspaths, dont deux se présentent, en général, sous la forme de bandelettes exactement parallèles ou sensiblement perpendiculaires à g^1, et quelquefois sous celle de plages plus ou moins irrégulières, les unes tricliniques constituant le *microcline*, les autres clinorhombiques appartenant à l'*orthose;* le troisième, ayant l'apparence de filons irréguliers, ne peut se rapporter qu'à l'albite. En effet, nous avons dit tout à l'heure que ces filons se composent quelquefois de petites bandes hémitropes, dans lesquelles l'extinction maximum a lieu à 3 ou 4° de chaque côté de leur plan d'assemblage, caractère qui se retrouve dans toutes les albites en cristaux isolés ou en masses laminaires. De plus, si l'on soumet au microscope une lame mince taillée parallèlement au clivage g^1, l'albite se révèle au milieu du microcline sous la forme de filons allongés, sensiblement parallèles à l'arête g^1 m, quoique souvent à contours assez irréguliers, et, tandis que pour la masse de microcline, le plan d'extinction fait avec l'arête pg^1 un angle qui varie de 4 à 7°, suivant les échantillons, pour les filons d'albite, cet angle est toujours compris entre 17 et 20°. C'est précisément l'angle observé sur tous les cristaux d'albite examinés jusqu'à ce jour.

Il me serait impossible de citer ici toutes les localités dont les roches cristallines ont le microcline comme principal élément feldspathique, car leur nombre va tous les jours en augmentant [1]. On peut seulement dire, d'une manière générale, qu'au microcline appartiennent tous les feldspaths verts ou *amazonites*, sans exception, de quelque localité qu'ils proviennent; les feldspaths roses ou rouges des environs d'Arendal; la *chesterlite* blanche de Pensylvanie; plusieurs feldspaths plus ou moins aventurinés de Mineral Hill, en Pensylvanie; le feldspath rouge de chair, aventuriné, de l'île Sedlovatoï, près Arkhangel; des masses laminaires blanches de Dixon's Quarries, en Delaware; une variété grise de l'île d'Ichaboe, en Afrique; diverses variétés du Groënland et de Norvège; les feldspaths des granites graphiques de l'Oural et de Norvège; celui de la belle syénite rouge antique d'Égypte, etc. etc.

Quant au feldspath opalisant de la syénite zirconienne de Fredrikswern, que Breithaupt avait proposé de séparer de l'orthose, précisément sous le nom de *microcline*, à cause de l'angle de 90° 15′ qui lui avait paru exister entre les deux clivages p et g^1, ses caractères optiques en font incontestablement un orthose dépourvu d'inclusions d'albite. Or, comme il contient une forte proportion de soude (7 p. o/o environ), on est porté à admettre l'existence d'un feldspath clinorhombique où la soude serait la base dominante.

[1] Au 4 juin 1880, le nombre des variétés de toute provenance, soumises à l'examen microscopique, dépasse 162.

Dans le microcline, c'est au contraire la potasse qui constitue l'alcali essentiel; la preuve en a été fournie par l'analyse de la variété la plus pure connue jusqu'à présent, et provenant de Magnet Cove, dans l'Arkansas. Cette variété se rencontre en petites masses laminaires d'un blanc verdâtre, transparentes au centre, un peu opaques à la surface et renfermant de petits cristaux d'ægirine.

Les lames basiques font voir des plages hémitropes, s'enchevêtrant les unes dans les autres, et offrant une structure assez régulièrement guillochée. Les lames parallèles à g^1 ne montrent, au microscope, que de petits cristaux d'ægirine, bruns ou verdâtres, disséminés dans la pâte en plus ou moins grand nombre, sans aucune trace d'albite. D'après l'analyse de M. Pisani, sa composition est celle d'un orthose contenant 15.60 p. o/o de potasse et seulement 0.48 p. o/o de soude. Outre cette analyse, ce qui confirme l'opinion que le microcline est un feldspath triclinique essentiellement potassique, c'est que onze analyses faites sur des échantillons de diverses localités, choisis de manière à présenter à travers des lames basiques un nombre de plus en plus grand de filons d'albite, ont fourni une proportion croissante de soude, en passant successivement de 1.27 p. o/o, dans une amazonite de l'Oural, à 3.95 p. o/o dans une variété d'un vert clair, irrégulièrement aventurinée par des lames d'oligiste, de Mineral Hill, en Pensylvanie.

Lorsque les lames minces, soumises au microscope polarisant, appartiennent à l'*orthose*, voici les phénomènes que l'on observe : les variétés assez rares, entièrement dépourvues d'inclusions d'albite, telles que l'adulaire du Saint-Gothard et du Valais, celui des Pyrénées, la *pierre de lune* de Ceylan, le feldspath *paradoxite* d'Euba, en Saxe, la *Murchisonite* de Dawlish, en Devonshire, les *sanidines* de l'Eifel et du Vésuve, le feldspath chatoyant de la syénite zirconienne de Fredrikswern, etc., montrent, à travers des lames minces, parallèles à leur base, une structure sensiblement homogène et une extinction maximum qui suit la direction de l'arête $p\,g^1$, tandis qu'à travers des lames parallèles au clivage g^1, l'extinction a lieu dans un plan qui fait avec cette arête un angle oscillant entre 2 et 9 ou 10°.

Les variétés, beaucoup plus abondantes, qui, comme le microcline, renferment des inclusions d'albite, et dont certaines *perthites* du Canada, de la Nouvelle-Galles du Sud et de l'Oural, ainsi que plusieurs variétés du *loxoclase* de Hammond constituent les types les plus frappants, permettent de distinguer immédiatement, d'après l'angle que l'extinction maximum fait avec l'arête $p\,g^1$ dans les lames p ou g^1, les éléments qui appartiennent à l'orthose et ceux qui appartiennent à l'albite.

L'*albite*, à l'état de cristaux isolés, ou de masses laminaires composées d'individus ou de bandes hémitropes parallèles au plan g^1, offre à travers des lames minces, coupées aussi perpendiculairement que possible à ce plan, deux séries de bandes parallèles de largeurs variables, sans aucune trace du quadrillage qui paraît entièrement caractéristique du microcline. Ces bandes manifestent leur extinction maximum alternativement à droite et à gauche de leur plan d'assemblage, sous un angle qui peut varier d'environ 2° 45′ à 4° 27′. A travers les lames parallèles à g^1, le plan d'extinction fait avec l'arête $p\,g^1$ un angle assez constant de 17 à 20°.

Dans l'*oligoclase*, les lames minces perpendiculaires à g^1 offrent, comme celles de l'albite, deux séries de bandelettes hémitropes parallèles; mais l'extinction maximum a lieu dans chacune d'elles suivant deux directions, faisant avec le plan d'assemblage un très petit angle qui varie de 1 à 2° et qui peut même devenir presque nul. Dans les lames parallèles à g^1, le plan d'extinction maximum fait avec l'arête pg^1 un angle assez variable, suivant la provenance des échantillons, et dont j'ai trouvé la valeur oscillant entre 1 et 9°.

L'*andésine*, sur laquelle j'ai entrepris un nouveau travail, paraît se confondre avec l'oligoclase, quant aux phénomènes que des lames très minces manifestent dans la lumière polarisée parallèle.

Mais peut-être parviendra-t-on à la reconnaître, au moyen des procédés que j'ai indiqués en commençant, et qui ont été décrits dans mon premier mémoire de 1875 [1].

Pour le *labradorite*, le plan d'extinction maximum de chaque série de bandelettes hémitropes, visibles à travers ses lames perpendiculaires à g^1, fait avec l'arête pg^1 un angle un peu plus fort que dans l'albite et oscillant entre 5 et 7°. A travers des lames parallèles à g^1, presque toutes les variétés offrent, au contraire, un angle d'extinction sensiblement égal à celui de l'albite et compris entre 16 et 21°. Un échantillon du Labrador, d'un gris foncé, très fortement chatoyant en jaune, m'a pourtant fourni pour cet angle une valeur de 27° en moyenne.

Si l'on se bornait à l'observation de lames prises parallèlement à un seul des deux clivages faciles, on pourrait donc quelquefois confondre un labradorite avec une albite.

Quant à l'*anorthite*, ses propriétés optiques biréfringentes paraissent essentiellement variables. Mais comme, à travers des lames perpendiculaires ou parallèles à g^1, l'extinction maximum fait toujours avec l'arête pg^1 un angle qui ne descend pas au-dessous de 20° pour les premières et de 25° pour les secondes, et qui peut s'élever jusqu'à 42 et 46°, il est impossible de jamais les confondre avec des lames qui proviendraient d'un des autres feldspaths tri-

[1] Depuis la publication du présent mémoire, un certain nombre d'échantillons d'oligoclase de diverses localités m'ont conduit à admettre un angle d'extinction à travers g^1 qui peut s'élever jusqu'à 12° ou 14° et qui par conséquent se rapproche de celui de l'albite. En même temps, le plan des axes optiques de ces échantillons, au lieu d'être toujours normal à une surface située sur l'arête *obtuse* pg^1 et faisant avec la base un angle de 102° à 110°, comme dans les variétés examinées en 1875 et 1876, se trouve quelquefois perpendiculaire au clivage g^1 ou même à un plan tronquant l'arête *aiguë* pg^1 et incliné sur p d'environ 93° (dans l'albite, cette inclinaison oscille entre 98° et 102°).

Quant à l'écartement de leurs axes optiques, il est en général si peu différent autour des deux bissectrices *négative* et *positive*, qu'on ne peut savoir au juste laquelle des deux est véritablement l'*aiguë*.

Enfin, leur constitution chimique présente aussi un caractère à peu près constant et qui consiste en ce que la proportion de chaux s'abaisse de 4 à 2 ou 2,5 p. o/o, tandis que celle de la silice n'est jamais inférieure à 64 p. o/o. Il résulte de là que les rapports entre les quantités d'oxygène, qui doivent d'ailleurs être fréquemment troublés par les inclusions visibles au microscope et parmi lesquelles un microcline quadrillé paraît jouer un rôle assez prédominant, au moins dans les variétés de Norvège, oscillent entre 1 : 3 : 10 et 1 : 3,5 : 10,5. (4 juin 1880.)

cliniques. C'est ce que j'ai fait voir dans mon mémoire de 1876. (Applaudissements.)

M. le Président. M. Michel-Lévy a la parole.

SUR L'EMPLOI DU MICROSCOPE POLARISANT À LUMIÈRE PARALLÈLE POUR L'ÉTUDE DES ROCHES ÉRUPTIVES.

M. Michel-Lévy. La classification des roches éruptives soulève des questions d'une telle importance au point de vue géologique, qu'il convient d'y rapporter et d'en rapprocher tous les travaux susceptibles de modifier les bases sur lesquelles une telle classification doit être établie.

A ce point de vue, les travaux relatifs aux feldspaths, à leur détermination plus ou moins facile, à la connaissance de leurs formes et de leurs structures habituelles, méritent d'être classés au premier rang. Car les feldspaths entrent dans la composition de toutes les roches éruptives dominantes et y constituent l'élément non ferrugineux le plus important; enfin, par leur nature minéralogique et leur structure, ils fournissent aux roches leurs caractères les plus stables et les plus distinctifs.

Les beaux travaux de M. Des Cloizeaux permettent de déterminer la nature d'un feldspath quand on peut le tailler suivant certaines orientations déterminées. Mais par cela même qu'il a précisé la position des axes d'élasticité et des axes optiques dans chaque espèce de feldspath, ses travaux sont susceptibles d'une généralisation plus pratique, et l'on peut déterminer, dans la plupart des cas, la nature des feldspaths inclus dans les plaques minces de roches éruptives, par la seule étude de leurs propriétés optiques au microscope polarisant à lumière parallèle.

Les feldspaths se présentent, en effet, dans les roches sous deux formes distinctes : en grands cristaux, généralement développés suivant la face g^1; en microlithes allongés suivant l'arête pg^1.

Dans le premier cas, on peut reconnaître facilement toutes les sections appartenant à la zone perpendiculaire à g^1; dans cette zone, les lamelles hémitropes suivant la loi de l'albite s'éteignent symétriquement de part et d'autre de la ligne de macle.

Dans le second cas, les microlithes allongés appartiennent généralement à la zone passant par l'arête pg^1; leurs autres sections sont, en effet, fort petites et négligeables à l'œil.

Le problème consiste donc à calculer, pour chaque espèce de feldspath, dans les deux zones précédentes, les divers angles d'extinction par rapport à une ligne facile à reconnaître : la ligne de macle dans la zone perpendiculaire à g^1; l'allongement du cristal dans la zone parallèle à pg^1. Ces angles varient de zéro degré à un certain maximum caractéristique pour chaque espèce feldspathique [1]. Comme, dans chaque plaque mince, on peut en général faire de nombreuses mesures, on tombe rapidement sur les angles voisins de ce maximum caractéristique.

[1] Voir *Annales des mines*, 7e série, tome XII, p. 392.

On voit que désormais la pétrographie devra repousser toute classification qui ne tiendrait pas un compte détaillé de la nature des différents feldspaths inclus dans une roche donnée : l'ancienne distinction entre les roches à orthoses et les roches à plagioclases n'est plus suffisante, et les noms de porphyrites, andésites, etc., demandent à être dédoublés et complétés.

Cette nécessité est d'autant plus évidente que les belles recherches de M. Fouqué sur les laves de Santorin sont venues corroborer, par l'analyse chimique, les résultats prévus par les procédés optiques. Ces recherches ont atteint par cela même un but important; elles ne s'accordent pas avec les théories qui refusent aux principaux feldspaths une individualité propre, et qui font par exemple de l'oligoclase et du labrador un simple mélange d'albite et d'anorthite. La théorie de M. Tschermak, qui est une amplification des idées anciennement exposées par M. Sterry Hunt, ne paraît pas concorder avec cette double épreuve des propriétés optiques et chimiques des principaux feldspaths, poursuivies jusque dans les cristaux microscopiques présentés par les plaques minces de roches éruptives; et la nouvelle science pétrographique aura ainsi prêté une aide efficace aux travaux minéralogiques auxquels elle doit tant d'autre part.

M. Sterry Hunt (Canada). Je désire faire observer que l'idée d'envisager les feldspaths plagioclases comme dérivant de l'albite et de l'anorthite n'appartient pas à M. Tschermak, qui ne l'a énoncée qu'en 1864. Déjà en 1854, après une longue série d'études chimiques sur ces feldspaths, je suis arrivé à conclure qu'il faudrait les regarder, pour la plupart, comme des mélanges d'un petit nombre d'espèces homœomorphes. Pour moi, il existe une albite potassique et une albite sodique ainsi qu'une anorthite sodique et une anorthite calcique. Et tout en admettant qu'il pourrait y avoir des espèces de composition intermédiaire entre l'albite et l'anorthite, je faisais voir que plusieurs feldspaths du sixième système, des plus purs et des mieux caractérisés, ne rentrent dans la formule d'aucune espèce reconnue. Je proposais alors de regarder tous ces feldspaths comme des mélanges d'albite et d'anorthite cristallisant ensemble, comme c'est le cas pour des espèces isomorphes, dans des proportions indéfinies, et j'ajoutais qu'en les ramenant à une formule commune, avec le même nombre d'équivalents d'oxygène, ces deux feldspaths, ainsi que la pétalite, avaient un même volume atomique.

Il ne faut pas confondre cette manière de voir avec celle imprimée en 1853 par le professeur Scheerer, qui proposait de regarder tous ces feldspaths intermédiaires comme des composés binaires en proportions définies entre trois espèces, savoir: l'anorthite, le labrador et l'albite (*Poggendorf Annalen;* vol. LXXXIX, p. 19). Suivant moi, au contraire, les feldspaths qui entrent dans la composition des plagioclases sont simplement mélangés plus ou moins intimement comme cela arrive pour les divers aluns et pour certains acides gras qu'on parvient à séparer en les fractionnant, ce qui permet de distinguer les espèces véritables des mélanges donnant la même composition chimique. Ces idées furent énoncées en septembre 1854 dans le *Journal de Silliman*, et en mai 1855 dans le *Philosophical Magazine*. En 1864, dix ans plus tard, dans les *Transactions de l'Académie impériale des sciences* de Vienne, M. Tschermak fit paraître ses idées

sur les feldspaths. Il a adopté pour l'albite et l'anorthite la formule commune que j'avais indiquée, mais, pour le reste, il considère les feldspaths plagioclases comme des combinaisons binaires en proportions définies entre ces deux espèces. Je rejette entièrement les hypothèses dualistiques de Scheerer et de Tschermak. Je crois que s'il existe de véritables espèces intermédiaires, on parviendrait à les distinguer des mélanges en y appliquant une méthode d'analyse fractionnée.

L'orthose, suivant moi, est une espèce homologue avec l'albite, mais moins condensée, le nombre d'équivalents d'oxygène dans un volume donné des deux espèces étant dans la raison 32 : 30. J'ai toujours pensé que la théorie des mélanges des espèces isomorphes est d'une importance générale dans l'étude des espèces minérales, et je l'appliquais en 1864 au groupe des wernérites, y compris la méionite et la dipyre.

M. le Président. L'ordre du jour appelle maintenant une communication de M. Jannettaz.

RAPPORTS

DE LA PROPAGATION DE LA CHALEUR DANS LES ROCHES, ET DE LEUR STRUCTURE AU POINT DE VUE DE LEUR ORIGINE.

M. Jannettaz. Les recherches dont je veux vous entretenir empruntent à une autre science les moyens d'arriver à leur but. Je ne discuterai pas à ce propos l'assertion exprimée plus d'une fois que l'essor de l'école expérimentale peut détourner les jeunes gens de l'observation. Assurément, l'observation sera toujours nécessaire puisqu'elle mène à la connaissance des faits: le naturaliste ne pourra donc jamais l'abandonner. Mais lorsqu'on veut, après avoir rassemblé ces connaissances, se rendre compte de leurs causes, le raisonnement ne suffit pas en général pour les relier les unes aux autres; il faut que nos inductions soient confirmées par la synthèse; ce n'est pas trop de l'expérience et de l'observation réunies pour vérifier nos spéculations.

Je ne crois pas nécessaire d'insister davantage sur cette vérité classique, et d'ailleurs le temps me presse.

L'étude que je poursuis est celle de la manière dont la chaleur se propage dans les corps en général.

En 1827, Cordier publia un travail célèbre, intitulé *Essai sur la température intérieure de la terre*. Vingt ans plus tard, en 1847, de Senarmont étudia la propagation de la chaleur dans ses rapports avec la structure des corps cristallisés. Ses remarquables Mémoires démontrèrent l'harmonie de la symétrie cristalline et des directions des lignes principales de conductibilité, axes des ellipsoïdes isothermiques.

Le procédé que j'emploie est une modification de celui du grand minéralogiste. Il est fort simple. Un fil de platine est replié sur lui-même; il est soudé en son point d'inflexion à une petite boule et ses deux extrémités libres sont mises en communication avec les deux pôles d'une pile de trois ou quatre éléments Bunsen, en forme de rectangles (*éléments carrés*). Le courant fait rougir

la petite boule de platine, dont on peut élever plus ou moins la température en augmentant ou diminuant le nombre des éléments. Au moyen de vis de pression et de rappel, on peut appliquer la boule qui termine ce petit système sur un point du corps soumis à l'observation. La surface de ce corps bien dressée est recouverte de graisse. Celle-ci fond en tout sens autour du point échauffé. Après refroidissement, elle forme un bourrelet saillant aux limites de la région où elle avait fondu. Ce bourrelet dessine une courbe et l'on peut facilement mesurer les distances des différents points de cette courbe au centre d'échauffement. Si la structure du corps reste la même dans toutes les directions, il n'y a pas de raison pour que les points situés à la même distance de la source de chaleur offrent des températures différentes, et dans ce cas la courbe est une circonférence de cercle. Les cristaux du système cubique et en général les corps isotropes ne présentent que des courbes circulaires.

Il n'en est plus de même dans les corps anisotropes. Dans les cristaux des systèmes autres que le cubique, les courbes sont en général des ellipses. Dans ceux du prisme à base carrée, la courbe est un cercle sur la base; c'est une ellipse sur les pans, et les axes de cette courbe sont parallèles aux arêtes du prisme. Les points du corps qui offrent une température égale forment par leur ensemble une surface qu'on appelle isotherme. Dans les cristaux du prisme à base carrée, dans ceux des systèmes hexagonaux, cette surface est un ellipsoïde de révolution, dont l'axe principal est parallèle à leur axe de principale symétrie cristallographique et dont l'équateur est parallèle à leurs bases. Dans les cristaux du prisme droit, l'ellipsoïde a ses trois axes inégaux et parallèles aux trois arêtes rectangulaires des prismes. Dans ceux du prisme oblique, l'ellipsoïde a une de ses sections principales parallèle au plan de symétrie. Ces observations fondamentales sont, comme on le sait, un des plus beaux titres de gloire de de Senarmont.

En continuant ces recherches, j'ai vu se manifester à moi une autre relation dont les conséquences m'ont amené à un nouvel ordre d'idées. Dans les minéraux cristallisés, on constate sans peine que la chaleur se propage plus facilement dans le plan d'un clivage facile que dans la direction normale, et que, si l'on pouvait mesurer les différents degrés de facilité des clivages, les grandeurs des rayons vecteurs des ellipsoïdes isothermiques suivraient le même ordre que ceux de la surface qui mesurerait la facilité des clivages. La mesure des clivages n'a pas encore été entreprise, mais ce qu'on sait de leur plus ou moins grande facilité suffit déjà pour poser la loi dont j'ai parlé plus haut et qu'on peut formuler encore de la manière suivante : *La direction de plus faible propagation de la chaleur est parallèle à celle de plus faible cohésion.*

Telles sont les relations du mode de propagation de la chaleur dans les corps cristallisés, et de leur structure intime qui les rend plus faciles à cliver dans une direction que dans une autre.

Cherchons maintenant si le mode d'arrangement des cristaux dans une masse cristalline a de l'influence sur leur conductilité thermique. Examinons par exemple le gypse fibreux. Les fibres sont tout simplement de petits cristaux qui se sont disposés en séries linéaires, et ces fibres se juxtaposent en formant des masses terminées souvent par des facettes cristallines. Les variétés les plus

nettement fibreuses de gypse ne conduisent la chaleur ni mieux ni plus mal que celles où les fibres ne sont pas apparentes.

Il faut évidemment pour cela que les cristaux qui composent ces masses fibreuses s'agrègent, de façon que leurs axes cristallographiques similaires ou correspondants restent parallèles les uns aux autres. La texture laminaire, qu'on peut appeler une stratification de lamelles cristallines, n'a pas non plus d'influence sur la propagation de la chaleur. La galène finement striée, la fluorine finement fibreuse, ne donnent que des cercles. Le quartz fibreux fournit des ellipses identiques à celles que produisent les cristaux ordinaires dans les mêmes directions. J'ai vu de même que le pyroxène lamellaire, le pyroxène et l'oligiste fibreux ne se comportent pas autrement que l'oligiste ou les pyroxènes, de même espèce chimique, où l'on n'observe pas l'une de ces textures. Ainsi, en appelant *texture* dans les corps cristallisés, ce qui tient à la juxtaposition, à la stratification de leurs éléments, la texture est inerte vis-à-vis de la propagation de la chaleur. La *structure*, au contraire, comme tout ce qui en dérive, cohésion, clivage, détermine des variations dans ce phénomène. La symétrie de l'ellipsoïde thermique est en harmonie avec celle de la structure du réseau cristallin; c'est là ce qu'a observé de Senarmont. Le rayon vecteur maximum de cet ellipsoïde est parallèle à la direction de plus petite cohésion; c'est là ce que j'ai mis en évidence [1].

Tels sont les résultats fournis par les cristaux. Comparons-les à ceux qu'on obtient dans les roches.

Parmi les roches cristallines, les granites, les pegmatites à grains très fins ne donnent que des cercles. Si l'on opère sur un des cristaux de quartz ou de feldspath d'une pegmatite à gros éléments, on y observe les phénomènes qui caractérisent ce cristal.

Les roches terreuses, les argiles, les marnes, comme les roches cristallines à grains fins, lorsqu'elles sont massives, ne montrent que des cercles. Lors même qu'elles sont stratifiées, que la stratification devient manifeste sur leur tranche, où elle dessine des bandes parallèles aux dépôts successifs, on ne saisit aucune différence entre la manière dont elles conduisent la chaleur parallèlement et perpendiculairement à leur stratification. J'ai taillé des plaques à surfaces perpendiculaires à cette stratification très apparente dans du calcaire grossier, de la carrière Lavenant, à Cachan, près Arcueil; dans du calcaire siliceux de l'âge du travertin de Saint-Ouen, provenant de Crépoil, près de la Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne); dans des marnes blanches de Nogent-sur-Marne; dans du gypse à bandes parallèles assez fines d'Argenteuil; j'ai eu beau opérer sur la tranche, dans le plan perpendiculaire à la stratification, je n'ai obtenu que des cercles pour courbes isothermes.

On sait que beaucoup de roches présentent une fissilité très facile, ordinairement dans une seule direction, quelquefois dans plusieurs; tels sont les schistes micacés, talqueux, chloriteux et les ardoises.

La liste suivante montre jusqu'où peut s'élever le rapport des axes de l'ellipse

[1] Jannettaz, *Ann. ch. phys.*, 4e série, t. XXIX, p. 15. — *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. I, p. 117; t. III, p. 499; t. IV, p. 116; t. V, p. 410; t. VI, p. 203.

isothermique. L'ellipse est produite sur un plan perpendiculaire à la schistosité.

	RAPPORT DES AXES.
Phyllade vert de Fumay (Ardennes)	2.06
Phyllade imprégné de cristaux de magnétite, de Deville (Ardennes).	1.988
Phyllade satiné, en partie fibreux, de Génos (Haute-Garonne)	1.82
Phyllade luisant de Vialas (Lozère)	1.8
Phyllade d'Angers	1.6
Phyllade de Cancale (Ille-et-Vilaine)	1.3
Phyllade à cassure contournée avec pyrite cubique, de Guanay, à 8 lieues au-dessus de Tipuani	1.33
Phyllade avec andalousite maclée (macline), du village de Lamotte, route de Saint-Gilles à la Roche-Guyon	1.09
Phyllade avec andalousite maclée, de l'étang de Salles (Morbihan).	1.452
Phyllade avec andalousite maclée, de Luchon (Haute-Garonne)	1.363
Phyllade avec andalousite maclée, recueilli près du lac de Séculéjo, près Luchon	1.5
Phyllade satiné avec macle, de Bingsam (États du Maine)	1.31
Leptinolithe très micacé, très schisteux, du val des Tignes (Tarentaise)	1.5
Schiste argileux, rougeâtre, terreux, avec macle, de Skiddam (Connecticut)	1.68

Toutes ces roches appartiennent aux terrains dits *de transition*. Je prépare un travail plus précis, au point de vue de leur âge géologique, qui est connu pour la plupart d'entre elles, et qui n'aurait pas, dans cet aperçu général, un grand intérêt.

SCHISTES ARGILEUX PROPREMENT DITS.	RAPPORT DES AXES.
Schiste argileux, quelquefois tubulaire et zonaire, du bassin houiller de Ronchamp et de Champagney (Vosges méridionales)	1.35
Schiste houiller noir des environs de Motivon, près du col de Voza (Haute-Savoie)	1.8
Schistes rouges et verts de la vallée de Salvan, près de Vernayaz (Alpes)	1.8
Schiste violacé, à grains plus grossiers, des environs de Vernayaz	1.412
Schiste violacé du col de Voza, identique au précédent	1.415
Phyllade rouge brun, à pâte assez grossière, à ciment quartzeux, de Mels (vallée de Sargans, canton de Saint-Gall, Alpes suisses).	1.62
Schiste du trias des bains Saint-Gervais	1.5
Schiste bitumineux d'Eisleben, permien (Mansfeld)	1.345
Un morceau de houille m'a donné, sur le plan des feuillets	1.16
Un fragment de houille, qui se divise perpendiculairement au plan des feuillets, suivant deux directions inclinées l'une sur l'autre de près de 120°, offre aussi des ellipses, dont le grand axe, parallèle à la grande diagonale du rhombe, est au petit dans le rapport	1.1
Carbonate de fer argileux du toit de la mine de houille de Wetzweiller	1.214
Macigno très schisteux du Tyrol italien	1.4
Schiste de Ménat (Puy-de-Dôme)	1.199
Argile feuilletée, intermédiaire à la première et à la deuxième masse du gypse de Paris	1.279
Argiles à *Glauconomya convexa*, supérieures au gypse de Paris et de ses environs	1.178

Marne d'un gris bleuâtre, en petites couches, de la Porte-de-France, à Grenoble (Dauphiné)	1.168
Calcaire argilifère micacé, très schisteux, du pied du mont Lachat, renfermant des bélemnites jurassiques	1.308
Calcaire noirâtre renfermant des veines de calcaire spathique, des environs de Bonneville (Haute-Savoie)	1.065
Calcaire jurassique noir, qu'on rencontre en couches, en descendant du col de Voza, vers les Houches	1.062

Ces roches, primitivement sédimentaires, ont toutes un caractère commun, celui de la schistosité. Toutes conduisent beaucoup mieux la chaleur dans une quelconque des directions parallèles à la schistosité que dans la direction perpendiculaire.

Si l'on s'adresse aux roches cristallines schisteuses, la loi reste la même.

	RAPPORT DES AXES.
Talcschiste de la Nouvelle-Calédonie	3
Talcschiste ferrugineux faisant partie du système des itacolumites de la Guyane	1.78
Schiste chloriteux de Saint-Marcel, en Piémont, avec sismondine et grenat	1.88
Itacolumite de l'hospice du grand Saint-Bernard	1.192
Micaschiste de Cancale	1.3
Micaschiste avec staurotides de Finlande	1.5
Oligiste micacé en lits alternes avec quartz (sidérocriste) de Camargas (Brésil)	1.215
Gneiss des parties supérieures du Saint-Gothard, près Airolo	1.5
Gneiss du point appelé l'*Angle* (mer de glace)	1.23
Autre échantillon de gneiss du même endroit	1.45
Gneiss protoginique de la Filiaz, route de Chamonix à Montanvers	1.21
Gneiss à grains fins, passant au schiste chloriteux, du val Anzasca (mont Rose)	1.13
Gneiss blanc avec lames très rares de mica noir grisâtre, du revers méridional et de la base du Brévent, en face de Chamonix	1.12
Gneiss de la vallée d'Aoste (Piémont)	1.06
Protogine schisteuse, entre Chamonix et Montanvers	1.14
Protogine schisteuse du même endroit, passant au granite (ellipse presque circulaire)	1.02

On voit par ces exemples que la schistosité des roches cristallines est également en rapport avec l'orientation des axes de l'ellipsoïde isothermique. Dans beaucoup de ces roches, cristallines ou terreuses, la surface isothermique est un ellipsoïde de révolution, comme dans les cristaux dits *à un axe*. L'axe de révolution est toujours ici le petit axe; l'ellipsoïde est déprimé, son équateur est parallèle au plan de la schistosité. Dans certaines roches, la section parallèle à ce dernier plan ne donne plus de cercles; la couche isothermique est une ellipse d'une excentricité en général assez faible; le rapport des axes y est inférieur à 1.1; rien n'empêche cependant que ce rapport atteigne une plus grande valeur. On observe de ces ellipses sur le plan de schistosité des ardoises de l'Ardenne; le grand axe est dans ce cas parallèle à une division facile appelée *le longrain*, et perpendiculaire ou peu oblique à la schistosité.

Ainsi, toutes les fois que la cohésion d'un corps ou d'une masse solide

diminue dans une direction, la chaleur s'y propage aussi moins facilement. Mettons en regard de ces résultats ceux qui nous expliquent l'origine de la schistosité des roches et que nous devons aux observations de M. le bourgmestre Baur, de M. Sharpe, et aux expériences de MM. Sorby, Tyndall et de M. le professeur Daubrée [1].

On sait que la pression développe de la schistosité dans les masses argileuses; que des matières pulvérulentes, ou au moins à l'état de fragments de petite dimension, surtout lorsqu'elles sont imprégnées d'une quantité d'eau convenable, peuvent, sous l'influence d'une action mécanique, former des masses laminaires, parfois fibreuses. Dans les expériences de MM. Sorby et Tyndall, la fissilité se manifeste perpendiculairement à la pression. Dans les expériences plus récentes de M. Daubrée, la schistosité peut se produire dans la direction même de l'action mécanique, s'il y a écoulement de la masse comprimée [2]. On sait aussi que si la matière n'est pas homogène, si elle renferme par exemple des lamelles de mica, les grandes faces de ces lames se placent parallèles aux plans de moindre cohésion.

On avait d'abord attribué la schistosité des roches au retrait produit par la dessiccation; on faisait jouer aussi un rôle au mica ou à d'autres matières minérales analogues, dont les faces de clivage facile sont précisément parallèles aux plans de schistosité.

Les expériences sont concluantes à cet égard, et mes observations sur la propagation de la chaleur viennent les confirmer.

Le retrait me paraît avoir eu si peu d'influence dans la structure laminaire ou fibreuse des roches, que jusqu'ici, dans les cas où j'ai pu opérer sur des matières dont les fentes étaient dues à des retraits, j'ai constaté que les *directions perpendiculaires à ces sortes de fentes conduisaient mieux la chaleur que les directions parallèles :* la schistosité agit en sens contraire.

La disposition des éléments joue un rôle des plus importants, sans aucun doute, dans ce phénomène physique. C'est encore une loi de la propagation de la chaleur que j'ai démontrée récemment, qui intervient ici. Les minéraux, lorsqu'ils se groupent en masses, s'accolent en général suivant leurs directions de plus grande conductibilité thermique et de plus grande élasticité ou de plus grande résistance à la flexion [3]. De plus, lorsque les cristaux sont comprimés, leur conductibilité thermique peut devenir plus grande perpendiculairement à la pression qu'ils ont reçue; mais, dans ce cas, cet accroissement révèle l'action qu'ils ont subie, et l'on retombe dans le métamorphisme.

[1] Baur, *Ueber die Lagerung des Dachschiefers* (Karsten, *Archiv.*, t. XX, p. 398, 1846). — Sharpe, *Geological proceedings*, november 1864. — Sorby, *Quarterly Journal*, t. X, p. 73, 1854. — John Tyndall, *Philosophical magazine*, 1856. — Daubrée, *Études et expériences sur le métamorphisme* (*Annales des mines*, 5e série, t. XII, p. 289); *Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale*, 1867.

[2] Daubrée, *Expériences sur la schistosité des roches* (*Comptes rendus, Ac. sc.*, t. LXXXII, 27 mars et 10 avril 1876).

[3] Jannettaz, *Sur la propagation de la chaleur dans les espèces minérales à texture laminaire ou fibreuse* (*Bull. soc. géol. de France*, 3e série, t. III, p. 499; t. VI, p. 203). — *Relation entre la propagation de la chaleur et l'élasticité sonore* (*même recueil*, 3e série, t. V, p. 410).

Il sera fort utile d'étudier de près l'orientation relative des éléments dans les roches schisteuses, et c'est un travail que je continue en ce moment.

Il n'est pas nécessaire qu'une matière soit hétérogène pour que des pressions ou des actions mécaniques y produisent la schistosité. Je l'ai constaté sur du fer réduit par l'hydrogène, puis fortement comprimé. M. Chenot avait pu agréger cette poussière en véritables masses métalliques, dont il a fait des rails de chemins de fer. Ce fer a une structure schisteuse, et, sur une section perpendiculaire aux plans de schistosité, j'ai obtenu aussi une ellipse assez fortement déprimée : le rapport des axes est de 1,314.

M. Daubrée m'a confié des prismes d'argile qu'il avait fortement comprimés; ils se sont comportés vis-à-vis de la propagation de la chaleur exactement comme des schistes argileux.

On voit le concours que l'étude de la propagation de la chaleur pourra prêter aux questions de métamorphisme et les services qu'elle est destinée à rendre dans l'analyse de la structure des roches. Le mot *structure* me paraît devoir être conservé ici; je réserve le mot *texture* à toute disposition relative des éléments qui me paraît sans influence sur la cohésion. Je dirai par exemple qu'une roche a la *texture stratifiée*, mais qu'elle a une *structure schisteuse*, comme je dis d'un minéral qu'il a une structure cristalline, mais une texture laminaire, lamellaire ou fibreuse, parce que la texture tient à une simple juxtaposition des parties constituantes, tandis que la structure est en rapport avec toutes les propriétés du corps. Je me hâte de faire cette restriction que le mot *structure* ne peut s'appliquer qu'au fait lui-même, puisqu'il est de l'essence d'un corps cristallisé de se constituer d'après un mode individuel de structure, tandis que dans les roches la structure a une cause externe.

Je ne puis quitter ce sujet sans profiter du concours de tant de savants et d'éminents professeurs pour signaler un autre point de vue de cette question de la propagation de la chaleur, qui vient d'être traité avec beaucoup de succès en Angleterre par MM. Herschell et Lebour, mais qui ne saurait être étudié dans un trop grand nombre de pays.

On sait que la température du sol s'accroît avec la profondeur, et que l'accroissement de 1° dans la température exige un accroissement dans la profondeur qui varie beaucoup dans les différentes contrées.

Cordier avait obtenu un accroissement de 1° de température par 15^{m},3 de profondeur à Decize, par 35^{m},8 à Carmaux. M. Kupffer a trouvé 1° d'accroissement dans la température pour 20 mètres de profondeur, dans les mines de l'Oural, en Sibérie. M. Reich admet que dans les mines de l'Erzgebirge (Saxe) la température s'élève de 1° pour un approfondissement de 42 mètres.

On en avait tiré une preuve de la variation de l'épaisseur de la croûte solide du globe. Mais, outre que les différentes roches ne possèdent pas le même pouvoir conducteur pour la chaleur, les résultats de mes observations montrent que dans toutes les roches feuilletées la conductibilité calorifique varie singulièrement d'une direction à l'autre, puisque dans beaucoup d'ardoises une température déterminée se transmet deux fois plus loin dans le même temps parallèlement au plan de schistosité que dans la direction perpendiculaire. On

conçoit donc que l'inclinaison du plan de schistosité ou de clivage doive jouer un très grand rôle dans ce phénomène, et qu'une même température se transmette plus loin, suivant la verticale, dans telle région où les schistes sont redressés que dans telle autre où leur plan de division facile est horizontal. (Applaudissements.)

M. le Président. Je remercie M. le Secrétaire général de sa communication intéressante, et je prie M. Sterry Hunt de prendre la parole pour exposer le résultat de ses études sur les terrains précambriens de l'Amérique du Nord.

DES TERRAINS PRÉCAMBRIENS DANS L'AMÉRIQUE DU NORD.

M. Sterry Hunt (Canada). L'histoire des terrains cristallisés de l'Amérique du Nord et les rapports qui les lient aux terrains sédimentaires ont beaucoup occupé l'attention de plusieurs géologues. Grâce aux conditions géognostiques offertes par la partie orientale du continent, savoir l'absence générale des terrains secondaires et tertiaires, et l'existence de grandes étendues des roches cristallines, l'étude de ces dernières devient comparativement facile. Je me propose ici d'indiquer très brièvement les grands groupes à la fois géognostiques et lithologiques qu'on y rencontre. Il en existe, en effet, plusieurs qui se distinguent par des différences marquées de composition minéralogique; ils se retrouvent avec les mêmes caractères dans des régions très éloignées les unes des autres et offrent une succession invariable. On trouve, dans chacun de ces terrains, des quartzites ainsi que des calcaires renfermant accidentellement certains silicates cristallisés, tels que la serpentine, la hornblende et des micas magnésiens. Les différences minéralogiques et chimiques qui servent à caractériser ces divers terrains se trouvent surtout dans les roches composées essentiellement de silicates aluminifères et alcalifères, tels que les feldspaths potassiques et sodiques, les micas non magnésiens et les silicates d'alumine proprement dits. Ainsi, dans les terrains les plus anciens, on ne trouve que les feldspaths orthose et albite, lesquels, dans les terrains plus jeunes, sont en partie remplacés par des silicates moins alcalifères, tels que les micas nommés *muscovite*, *damourite* et *paragonite*, et enfin par l'andalousite, la fibrolite, la disthène et le pyrophyllite : la succession indiquant une diminution progressive, puis une disparition complète des alcalis dans les silicates aluminifères constituant les roches.

Le terrain le plus ancien, connu, auquel on a donné le nom de *laurentien*, comprend dans sa partie inférieure une masse de gneiss granitoïde essentiellement hornblendique, dont on ne connaît pas l'épaisseur et que l'on a nommé *le gneiss de l'Outawais* (Ottawa gneiss). Il est suivi par des gneiss semblables intercalés de roches hornblendiques et de plusieurs bandes de calcaire cristallin, souvent avec graphite. Cette succession, que sir William Logan a désignée sous le nom de *série de Greenville*, aurait, selon lui, une épaisseur de plus de 5,000 mètres, et offre peut-être une discordance avec le gneiss de l'Outawais. Les bandes calcaires de ce terrain, qui ont quelquefois un volume de plus de 500 mètres, renferment dans plusieurs localités la forme organique

à laquelle on a donné le nom d'*Eozoon canadense*. Les gneiss sont très souvent à orthose rouge avec hornblende et biotite, et ne contiennent pas de mica blanc.

Les deux divisions qu'on vient d'indiquer constituent le laurentien inférieur de Logan, qui avait donné le nom de *laurentien supérieur* ou *labradorien* au terrain maintenant appelé *norien*. Ce dernier repose en stratification discordante sur le laurentien proprement dit et se caractérise par une grande prédominance de roches gneissoïdes composées essentiellement de feldspaths plagioclases, lesquelles semblent identiques aux norites de la Scandinavie; intercalés dans cette série, se rencontrent des gneiss et des calcaires semblables à ceux du laurentien. Le terrain norien, qui est remarquable par la présence de couches ou d'amas interstratifiés de fer titané, offre une épaisseur qui pourrait dépasser 2,000 mètres, et se trouve en lambeaux reposant sur le laurentien dans plusieurs localités de l'Amérique du Nord: ce qui porte à croire qu'il avait autrefois une grande extension.

On trouve également, reposant en stratifications discordantes sur le laurentien, une série dénommée *terrain huronien*, caractérisée par un grand développement de roches dioritiques ou diabasiques, souvent avec épidote et chlorite, plus ou moins schisteuses et accompagnées de quartzites, de stéatites ou de serpentines, ainsi que des schistes dit *talqueux*, dans lesquels prédominent un mica hydraté et des calcaires ordinairement magnésiens. Ce terrain abonde en gisements métallifères, oxyde de fer et de chrome, sulfure de cuivre, de nickel et de fer; son épaisseur maximum dans l'Amérique du Nord paraît dépasser 6,000 mètres. Il renferme souvent, dans des conglomérats, des fragments plus ou moins arrondis de gneiss laurentien.

On rencontre, dans plusieurs régions de l'Amérique du Nord, un volume considérable de roches composées en grande partie d'un pétrosilex ou orthofelsite, lequel devient souvent un porphyre quartzifère. Ces roches, qui paraissent identiques aux hälleflintas de la Suède, furent d'abord regardées par les géologues américains comme d'origine éruptive; mais, selon moi, elles constituent une série stratifiée avec de rares intercalations de quartzites et de couches micacées occupant un horizon à la base du terrain huronien. Cependant, comme cette formation remarquable paraît quelquefois manquer, il existe un doute quant à ses relations avec le huronien. Peut-être pourrait-elle former une série intermédiaire entre le laurentien et le huronien.

Au terrain huronien succède le *montalban*, qui forme les montagnes Blanches de l'Amérique du Nord, et que l'on appelle quelquefois *la série des mica-schistes*, à cause de l'abondance des schistes micacés et quartzeux qui deviennent feldspathiques et passent ainsi à des gneiss gris à mica blanc. Ceux-ci sont ordinairement à grains fins et beaucoup moins tenaces que les gneiss rouges anciens. Ces schistes abondent souvent en cristaux de grenat, de staurotide, de fibrolite et de disthène. Le terrain montalban comprend aussi de grandes épaisseurs d'une roche hornblendique, gneissoïde, qui paraît assez distincte des grünsteins du terrain huronien. On y trouve également des couches intercalées d'une roche péridotique semblable à la dunite. Le terrain montalban est traversé par beaucoup de filons secondaires de nature granitique, qu'il faut ne pas confondre avec les granits d'épanchement, et qui renferment, outre les

feldspaths, le quartz et la muscovite, des grenats, des tourmalines, de l'émeraude, de l'apatite, ainsi que des minéraux d'étain, d'urane et de tantale. L'épaisseur de ce terrain dépasse probablement celle du huronien.

Le *terrain taconien* qui succède au montalban paraît ne pas contenir de gneiss, et les schistes micacés qui y prédominent se composent en grande partie de damourite et de pyrophyllite, quelquefois avec grenat et chiastolite. Ils sont accompagnés de quartzites, de dolomies et de calcaires, qui tous sont souvent micacés, ainsi que de serpentines et de roches hornblendiques. Ces dernières offrent un type particulier qui les distingue de celles des terrains précédents, et elles sont moins cristallisées. Vers le haut de la série se trouve une formation d'ardoises tégulines. Ce terrain taconien, qui fournit les marbres statuaires de l'Amérique du Nord, est le taconique inférieur de feu le professeur Emmons, d'après lequel son épaisseur dépasserait 1,600 mètres. Il se rencontre reposant également sur le laurentien, le huronien ou le montalban, et peut renfermer dans ses conglomérats les débris de tous ces terrains.

Le taconique supérieur de M. Emmons, appelé par Logan *groupe de Québec*, qui paraît succéder au taconique inférieur en stratification discordante, se compose de plus de 2,000 mètres de grès, avec des argilites et des calcaires. Il renferme des restes organiques caractéristiques des termes inférieurs du terrain cambrien, y compris la formation d'Arénig. Le taconique inférieur ou véritable taconique, que nous avons distingué par le nom de *taconien*, n'a fourni jusqu'à présent, en fait de restes organiques, qu'une lingule inédite, des empreintes qu'on a rapportées au *Scolithes* et l'*Eozoon canadense*, identique probablement à celui du laurentien.

Le taconique supérieur ou groupe de Québec est suivi, en stratification discordante, par une série fossilifère connue en Amérique sous les noms des groupes de Trenton et de Cincinnati, dont l'ensemble correspond au groupe de Bala, qui forme en Angleterre la partie supérieure du cambrien de Sedgwick. La plupart des géologues américains ont rejeté les idées de M. Emmons et ont imaginé que le taconique inférieur (taconien) et le taconique supérieur (cambrien inférieur et moyen) n'étaient que des modifications secondaires et locales des groupes de Trenton et de Cincinnati (cambrien supérieur). Ces mêmes géologues ont de plus soutenu que les terrains montalban, huronien et laurentien n'étaient autre chose que le cambrien supérieur de plus en plus transformé en roches cristallines. Cette influence métamorphique, d'après quelques autorités, aurait également compris dans son action d'autres terrains plus récents, savoir le silurien, le dévonien et même le trias, les transformant tous en schistes cristallins faciles à confondre avec ceux qui dérivent du terrain cambrien.

Dans mon opinion, au contraire, les séries de roches cristallines constituent autant de terrains stratifiés qui possédaient déjà leurs caractères lithologiques actuels avant le commencement de la période cambrienne. Ils avaient subi dès cette époque des mouvements et des érosions, et furent alors disposés en lambeaux sur la surface du gneiss ancien qui paraît former la base du laurentien. Ces divers terrains cristallins se rencontrent, d'après mes observations, avec une singulière uniformité de caractères, depuis l'Alabama jusqu'au Labrador, et de

là vers l'Ouest par le Canada jusqu'au lac Supérieur, d'où on peut les suivre à travers les Montagnes Rocheuses et jusqu'à l'océan Pacifique.

J'avais déjà, il y a quinze ans, insisté sur un parallélisme remarquable entre ces divers terrains cristallins de l'Amérique du Nord et ceux des Iles Britanniques. J'avais indiqué alors l'existence des roches caractéristiques du laurentien, du huronien et du montalban dans le nord-ouest de l'Islande; et dans un voyage récent, j'ai pu reconnaître de grandes étendues du terrain huronien dans les comtés d'Argyle et de Pesth en Écosse. J'ai aussi examiné au pays de Galles, dans l'Angleterre et dans les comtés de Carnarvon et de Pembroke, le *terrain pébidien* du docteur Hicks, qu'il faut rapporter également au huronien. Dans toutes ces localités du pays de Galles, ce savant géologue, auquel on doit de si belles études sur la géologie de ces régions, a reconnu à la base de ce terrain une formation considérable de pétrosilex, souvent porphyroïdes, laquelle, d'après lui, formerait une série distincte qu'il désigne sous le nom de *terrain arvonien*. Il paraît correspondre aux pétrosilex analogues de l'Amérique du Nord déjà signalés comme occupant la même position relativement au huronien.

Les études récentes de Gastaldi et d'autres géologues dans les Alpes semblent être d'acccord avec les faits observés dans les terrains cristallins de l'Amérique du Nord. Et je crois que les conditions chimiques et physiques qui présidaient à la formation des roches cristallines étaient à peu près universelles. (Applaudissements.)

DISCUSSION.

M. le Président. M. Selwyn a demandé la parole à propos de la communication de M. Sterry Hunt.

M. Selwyn (Canada) présente ses observations en anglais et, sur la demande de M. le Président, M. Ch. Barrois en donne ensuite un court résumé.

Se reportant à la communication précédente, M. Selwyn a rappelé que M. Sterry Hunt a d'abord groupé les terrains inférieurs au cambrien dans l'Amérique du Nord en quatre systèmes : le laurentien (avec le norien à son sommet), le huronien, le montalban, et le taconien qui est recouvert par le vrai cambrien; il a terminé en suivant cette division en Angleterre et dans les Alpes.

M. Selwyn a étudié ces mêmes terrains dans les régions où ils sont le mieux développés: au Canada, aux États-Unis, en Angleterre, en Australie, etc. Il est disposé à voir dans les différences signalées entre ces divers termes, les résultats d'un métamorphisme local, accompagné d'intrusions de roches et de mouvements du sol. L'examen des contrées les plus différentes l'a confirmé dans cette manière de voir.

Quant aux roches cristallines qui forment les montagnes Vertes dans la province de Québec, elles seraient, d'après sir William Logan, des couches paléozoïques altérées, faisant partie du groupe de Québec. M. Selwyn croit devoir dire cependant que les recherches récentes de la Commission géologique du Canada ont confirmé la justesse de la vue soutenue depuis quelques années par M. Sterry Hunt. Ces roches cristallines semblent donc appartenir à

un terrain plus ancien que les couches fossilifères du groupe de Québec, et probablement forment l'équivalent du terrain huronien.

M. Sterry Hunt. Je ne veux, Messieurs, répondre qu'un mot à l'opinion exprimée par M. Selwyn à l'égard de cette série de gneiss et micaschistes à laquelle j'ai donné le nom de *terrain montalban;* je ne connais pas même le moindre indice qui permette d'y voir le résultat de l'altération d'une formation paléozoïque. Pour savoir combien sont vagues les méthodes des partisans de la théorie métamorphique, je rappellerai que Rogers avait d'abord rapporté le terrain montalban de la Nouvelle-Angleterre et du Canada au silurien (Sedgw.) et que Logan l'avait ensuite placé dans le dévonien. Les affleurements du même terrain dans la Pensylvanie furent plus tard regardés par Rogers comme occupant la base du cambrien; mais, d'après les idées de Bradley, ils comprennent tout le cambrien de Sedgwick. Ce terrain montalban présente des affleurements à peu près continus depuis le golfe de Saint-Laurent jusqu'à l'Alabama, et offre en plusieurs localités les preuves indiscutables d'une antiquité plus grande que la base du cambrien qui renferme souvent les débris des gneiss et des micaschistes du montalban.

Je rappelle à ce propos que le terrain huronien, qui accompagne le montalban presque partout, fut également regardé par Logan, et par d'autres, comme dérivant d'une altération du terrain paléozoïque, opinion que j'ai contestée à peu près seul pendant dix ans. M. Selwyn, comme il vient de vous le dire, est arrivé par ses propres études dans la province de Québec à reconnaître que Logan avait tort, et qu'on y rencontre réellement un terrain précambrien qui paraît identique avec le huronien. Ma manière de voir s'est trouvée ainsi pleinement justifiée et je soutiens maintenant que l'âge précambrien du terrain montalban n'est pas moins évident que celui du huronien.

M. le Président. Avant de céder la présidence à M. Sterry Hunt, je le remercie, au nom du Congrès, de son importante communication. J'exprime aussi nos félicitations reconnaissantes à M. Ch. Barrois qui nous a résumé avec tant de clarté les observations de M. le Dr Selwyn.

La parole est à M. le professeur Szabo pour exposer la classification et la chronologie des roches éruptives tertiaires de la Hongrie et pour examiner si la composition minéralogique de ces roches peut indiquer leur âge.

SUR LA CLASSIFICATION ET LA CHRONOLOGIE

DES ROCHES ÉRUPTIVES TERTIAIRES DE LA HONGRIE.

M. Szabo (Autriche-Hongrie). Pour contribuer à la solution du grand problème que soulève l'étude des roches éruptives, je me suis livré à l'examen lithologique et géologique du terrain trachytique de la Hongrie. La première question à résoudre était la suivante : Y a-t-il un certain rapport entre la constitution minéralogique et l'âge relatif des divers types trachytiques?

Pour déterminer ces types, j'ai pris pour point de départ l'association

minéralogique qu'ils présentent, et comme parmi leurs éléments constitutifs les feldspaths jouent un rôle prédominant, j'ai d'abord cherché à établir, pour la détermination des diverses espèces de ce groupe dans les roches, une méthode dont l'application fût prompte et facile.

Un des premiers résultats de ces travaux a été de montrer qu'au lieu des dix séries de feldspaths établies par Tschermack, on pouvait se contenter, si l'on s'en tient aux trachytes, des quatre espèces principales admises généralement par l'école française.

On peut dès lors distinguer dans ces roches quatre types principaux caractérisés chacun par la nature de leur élément feldspathique prédominant : *trachyte à anorthite, trachyte à labrador, trachyte à oligoclase, trachyte à orthose.* Il faut, en outre, pour compléter la caractéristique de chacun de ces types, ajouter à la désignation du feldspath l'énumération des principaux minéraux qui lui sont associés dans la roche. C'est ainsi qu'on aura : 1° le *trachyte à anorthite et pyroxène*, caractérisé aussi par l'absence du mica noir et du quartz : l'amphibole n'est pas exclus; 2° le *trachyte à labrador et mica*, avec amphibole, avec ou sans quartz, avec ou sans pyroxène, avec ou sans grenats : l'amphibole joue ici un rôle dominant; 3° le *trachyte à oligoclase, mica et amphibole:* l'amphibole diminue ici, mais le quartz ne manque jamais; 4° le *trachyte à orthose et mica*, toujours accompagné d'un feldspath triclinique (le plus souvent l'oligoclase). Le quartz ne manque jamais; l'amphibole est souvent absente.

Ces divers types ne sont pas fixes; entre eux il existe des transitions, des passages constitués par des mélanges d'espèces feldspathiques dont il importerait de tenir compte dans une description plus détaillée.

Pour apprécier la valeur de cette classification, passons à l'âge relatif des trachytes de Hongrie. Tous les géologues sont d'accord pour reconnaître que la plus grande phase d'activité des éruptions trachytiques s'est trouvée dans le miocène moyen et dans le miocène supérieur; il a donc fallu déterminer l'âge des divers types de ces roches dans les brèches et les tufs contenant des fossiles propres à les caractériser.

J'ai toujours vu que les trachytes micacés à labrador se trouvaient dans les brèches contenant les fossiles du miocène moyen (étage méditerranéen); les trachytes à oligoclase et ceux à orthose s'y rencontrent parfois, mais jamais ceux à anorthite et pyroxène. Ce qui indique la postériorité de ces derniers.

Le tuf trachytique contenant des fossiles du miocène supérieur (étage sarmatien) sont principalement formés de trachytes à anorthite; les trachytes des autres types s'y reconnaissent aussi: on peut ainsi en conclure que ce trachyte à anorthite est plus récent que celui à labrador.

Pour connaître l'âge des trachytes à oligoclase ou à orthose, j'ai cherché dans les tufs plus anciens; et cette question se trouve maintenant tranchée par suite de la découverte de fragments trachytiques dans les dépôts de l'éocène supérieur à Buda-Pesth, avec les nummulites et les autres foraminifères de cet étage; ce trachyte est à orthose. Dans la contrée de Gran, dans un horizon plus élevé mais appartenant toujours à l'éocène supérieur, on trouve des couches trachytiques à oligoclase, d'une épaisseur de 2 à 3 mètres, sans la moindre trace de trachyte à labrador ni à anorthite. Les trachytes à orthose et à oli-

goclase sont donc les roches les plus anciennes de cette série éruptive, tandis que celui à anorthite se trouve être le plus récent. J'en donnerai encore pour preuve ce fait que le trachyte à anorthite traverse tous les autres types, tandis qu'il n'est traversé par aucun.

Ces observations m'ont conduit à des conclusions importantes : 1° il existe des phénomènes de contact, et à la limite de deux types différents, il y a quelquefois un mélange des minéraux appartenant aux deux types voisins; 2° les divers types ont subi des modifications importantes, qui leur ont même valu des désignations particulières. Il faut donc discerner un état normal et un état modifié dans chaque type trachytique ; plus un type est ancien, plus il est modifié; le trachyte à anorthite est celui qui se présente le plus souvent à l'état normal.

Les principales modifications sont connues sous les noms suivants : *rhyolithe*, *lithoïdite*, *grünstein trachytique*, *domite*, *porphyre molaire*, *alunite*.

Le *rhyolithe*, en prenant ce mot rigoureusement dans le sens pour lequel il a été proposé par Richthofen, comprend l'obsidienne, la perlite, le pechstein et la ponce; il se forme postérieurement, pendant l'éruption d'un des types les plus récents, par l'intervention de silicates hydratés d'une très grande fusibilité; ce sont pour la plupart ces hydrosilicates qui causent la structure fluidale. C'est donc un caractère précieux pour l'âge relatif que la présence de la modification rhyolithique, car elle laisse toujours supposer un trachyte plus basique. De tous les types c'est le trachyte à orthose qui donne les rhyolites les plus parfaits; celui à l'oligoclase, beaucoup moins; celui à labrador ne forme jamais d'obsidienne ni de pechstein, mais il devient faiblement perlitique et ponceux; celui à anorthite devient seulement ponceux et acquiert une apparence déjà nommée par Beudant : *semivitreuse*. On peut assez souvent suivre la transition de l'état normal à l'état rhyolithique; c'est l'amphibole et l'augite qui disparaissent les premiers, comme étant les minéraux qui fondent le plus facilement. De tous les feldspaths c'est l'orthose qui a la propriété remarquable de s'hydrater plus facilement que les feldspaths sodiques ou calciques; de sorte que dans les obsidiennes, les pechsteins et les perlites porphyriques, quand on trouve du quartz, du mica et du feldspath, ce dernier est toujours l'oligoclase, tandis que la potasse se retrouve dans la masse vitreuse.

La *lithoïdite* est le produit de dévitrification des rhyolithes [1].

Le *grünstein trachytique* est d'une composition différente et présente des variétés comme les trachytes normaux. On peut très nettement suivre, même dans la nature, les transitions de l'état normal à l'état de grünstein: il est causé par l'action solfatarique postérieure. Des émanations sulfureuses et métalliques ont imprégné une certaine région de trachyte d'un type quelconque, en y produisant toute une série de changements qui se continuent encore. La matière de ces changements a donné lieu à la formation des gîtes métallifères. Le nom de *grünstein trachytique* est utile et même nécessaire pour le mineur, mais, pour le géologue, il n'existe pas comme formation particulière; une éruption *propylitique* n'a jamais eu lieu.

[1] Une espèce de lithoïdite a été nommée par Beudant : *perlite testacée* (Tokay).

La *domite* est une modification d'un type ancien causée par l'action volcanique d'une éruption postérieure, surtout par des émanations d'acide chlorhydrique, qui a enlevé le fer de la magnétite et des minéraux ferrugineux, mais n'a pas altéré le feldspath qui dans la domite est toujours vitreux.

Le *porphyre molaire* est une modification siliceuse d'un type trachytique antérieur qui se trouvait soit à l'état massif, soit à l'état de brèches ou de conglomérats. Le porphyre molaire de Sarospatak, de Beudant, contenant des sanidines très bien conservées et des bipyramides de quartz, n'est qu'une brèche contenant des fossiles du miocène moyen.

L'*alunite* est la modification causée par des émanations contenant de l'acide sulfurique, qui décompose les silicates feldspathiques; on trouve toujours avec les alunites des masses de quartz, de silex-meulière, et si les émanations ont persisté sans dégagement d'acide sulfurique, la vapeur d'eau a enlevé les sulfates alcalins et l'acide sulfurique combiné à l'alumine; c'est alors que s'est formé le kaolin qui accompagne toujours l'alunite. J'ai trouvé dans les gîtes d'alunite de Beregszász du bois silicifié, et à Sarospatak des mollusques du miocène supérieur.

L'ensemble de la formation trachytique peut être considéré comme une unité, et je l'appelle *cycle d'éruption*. Je me suis convaincu que les trachytes de Hongrie, ceux de Serbie qui n'en sont que la continuation, ainsi que ceux des monts Euganéens en Italie, appartiennent au même cycle; ils sont contemporains et se correspondent. Ce n'est probablement pas le cas pour les trachytes d'Auvergne, pour ceux des îles de la Grèce, où il y a des cycles d'éruption beaucoup plus récents.

Ces cycles d'éruption peuvent être aussi suivis en arrière, dans l'époque secondaire ou dans les âges primaires, et j'ai déjà eu l'occasion de me convaincre que la série des roches feldspathiques est souvent la même.

Le basalte, en Hongrie, semble être un épisode de la grande formation trachytique provenant d'un horizon plus bas, mais se rattachant ainsi aux trachytes. En Hongrie, c'est l'éruption basaltique qui a terminé l'action volcanique, pendant et même après le dépôt des couches à congéries (pliocène).

Le trachyte à anorthite forme plus de 50 p. o/o du massif trachytique; celui à labrador 30 p. o/o; celui à oligoclase 15 p. o/o; enfin celui à orthose 5 p. o/o. C'est donc le premier qui est le plus important, d'autant plus qu'il forme encore les plus hautes montagnes trachytiques de la région (parfois élevées de 6,000 pieds); en outre, c'est à lui que doivent être attribuées la plupart des actions secondaires qui ont modifié les autres types. (Applaudissements.)

M. Ch. Vélain. Je commence par remercier M. le professeur Szabo d'avoir bien voulu exposer devant le Congrès sa classification des roches trachytiques de la Hongrie. Cette classification, fondée sur des études minéralogiques et pétrographiques minutieuses, aussi bien que sur de nombreuses recherches stratigraphiques personnelles faites dans une contrée classique, mérite de fixer l'attention. Aussi la valeur qu'il reconnaît aux divers termes de la série feldspathique, en attribuant à chacun d'eux un caractère distinctif, est-elle parfaitement justifiée; ces minéraux sont, en effet, dans les roches d'une importance capi-

ıle, et ce ne sera pas un des moindres résultats de la pétrographie moderne ue d'avoir mis ce fait en évidence. Il importe donc de généraliser ce que vient e faire M. Szabo et d'attribuer aux feldspaths le rôle qui leur est dû dans es classifications, maintenant surtout que, grâce aux beaux travaux d'optique ristallographique de MM. Des Cloizeaux et Michel-Lévy [1], on possède des éléments de détermination suffisamment rigoureux et précis pour pouvoir les distinguer entre eux, jusque dans leurs formes microlithiques les plus délicates, et u'il n'est plus possible de confondre, sous la dénomination générale de *plaioclases*, tous ceux qui appartiennent au système triclinique. Dans cette voie, es procédés d'essais rapides de M. Boricky [2], ceux également précieux du rofesseur Szabo que je tiens à rappeler ici, sont encore venus jeter beaucoup le lumière en permettant d'apporter, aux déterminations dérivant des proriétés optiques, le sévère contrôle de l'analyse chimique.

La succession des divers feldspaths que M. Szabo vient d'établir si nettement pour un même groupe de roches en Hongrie, est elle-même fort intéressante, et c'est avec raison qu'il nous l'a montrée s'étendant à des régions ouvent fort éloignées de celle qui lui a servi de type. Aux contrées trachyiques citées comme présentant ce même ordre dans leur cycle éruptif, on eut encore ajouter la presqu'île d'Aden. Dans un travail récent, consacré ı l'étude de ce massif éruptif où les trachytes prédominent, j'ai constaté, en ffet, l'antériorité des roches à sanidine sur les roches à oligoclase, et celle le ces dernières sur les laves à anorthite.

A la Réunion [3], dans l'océan Indien, les roches basaltiques qui forment la najeure partie du massif ancien de l'île, s'appuient sur des roches plus acides le nature trachytique, dans lesquelles on reconnaît encore que le labrador est postérieur à l'oligoclase; l'anorthite n'est apparu que tardivement dans la série basique. Cette série, très développée dans la partie orientale de l'île, où elle supporte le volcan actuel, présente elle-même dans l'ordre de ses éruptions une succession identique de feldspaths. C'est ainsi que les basaltes anciens de la base des remparts semi-circulaires (cirques d'affaissement) qui défendent les abords du volcan sont à oligoclase, tandis que ceux plus récents qui se voient dans l'intérieur des cirques sont à labrador, et que les laves actuelles rejetées annuellement par le volcan sont à anorthite.

A ces changements dans la nature des éléments feldspathiques, qui ne se font pas brusquement, mais par des transitions ménagées, par des mélanges aux extrémités de chaque série des deux espèces voisines, la première disparaissant quand la seconde vient à prédominer, correspondent des modifications de même ordre dans la nature des silicates ferrugineux qui entrent dans la

[1] Des Cloiseaux, *Détermination des feldspaths tricliniques* (*Annales de physique et de chimie*), 5e série, t. IX, 1876.

Michel Lévy, *De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle* (*Annales des mines*), 7e série, t. XII, 1877.

[2] Boricky, *Elemente einer neuen chemisch mikroskopischen Mineral und Gesteins Analyse*, Prag., 1877.

[3] Ch. Vélain, *Études géologiques sur l'île de la Réunion, les îles Saint-Paul et Amsterdam.* (Thèse pour le doctorat ès sciences.) Paris, Savy, éditeur, p. 296 et suiv.

composition minéralogique élémentaire des roches; c'est ainsi, pour n'en citer qu'un exemple, qu'à la Réunion, dans les laves basiques, l'apparition du péridot coïncide avec la substitution des feldspaths calciques pauvres en silice (labrador et anorthite), à l'oligoclase et à l'albite dont le degré d'acidité est plus élevé.

Ces faits nous fournissent un enseignement précieux; ils montrent que, dans chaque cycle éruptif, les roches varient des plus acides aux plus basiques, par suite d'un appauvrissement graduel en silice du magma fluide interne qui fournit la matière aux éruptions.

M. Szabo a encore parfaitement raison quand il divise les roches trachytiques en deux groupes, suivant qu'elles contiennent de la silice libre ou qu'elles n'en contiennent pas, d'autant plus que ces distinctions s'accordent toujours avec des considérations d'âge; la nécessité de cette séparation avait déjà frappé les pétrographes, et depuis longtemps les termes de *rhyolithe* pour les trachytes quartzifères et de *dacite* pour les andésites siliceuses avaient été proposés.

Mais où je ne saurais le suivre, c'est quand, détournant le mot *trachyte* de son sens primitif, il applique ce nom aussi bien aux roches à sanidine qu'à celles où prédomine un feldspath triclinique. Le nom de *trachyte* a été employé pour la première fois par Haüy, dans ses leçons au Jardin des plantes, pour désigner des roches volcaniques d'Auvergne poreuses ou scorifiées, caractérisées par un feldspath blanchâtre ou gris cendré présentant un aspect raboteux et dont la cassure et même la surface paraissent comme striées. Depuis, on a reconnu que ce feldspath n'était pas invariablement la sanidine, comme on le croyait autrefois, et que, parmi les roches acides de couleur claire présentant une certaine rudesse au toucher (τραχύς), qui répondaient à la définition d'Haüy, il s'en trouvait à base d'oligoclase, de labrador ou d'anorthite; mais alors des noms nouveaux, en accord avec des déterminations nouvelles, ont été proposés, et, dans la grande famille trachytique, le terme d'*andésite* est généralement adopté pour désigner celles de ces roches qui contiennent un ou plusieurs feldspaths tricliniques, tandis que celui de *trachyte* proprement dit est réservé à celles qui présentent la sanidine comme élément essentiel.

En n'attribuant au terme de *trachyte* qu'une valeur générique comme le fait M. Szabo, on en reviendrait à l'opinion de Charles Sainte-Claire Deville qui ne voulait voir dans le trachyte qu'un état physique particulier et non une roche de composition minéralogique déterminée. Depuis longtemps, les pétrographes ont combattu cette théorie par des preuves qui me semblent décisives.

Je m'écarterai encore bien davantage de lui quand, assimilant les rhyolithes aux alunites, il leur refuse une existence propre et ne les considère que comme des roches altérées et modifiées. Le nom de *rhyolithe*, proposé en 1860 par V. Richthofen, s'applique à tout un groupe de roches trachytiques caractérisées par la présence de la silice et par une belle structure fluidale que des agents secondaires ne sauraient développer. Même en ne donnant à ce nom qu'une acception restreinte comme celle admise par M. Szabo, c'est-à-dire en

ne l'appliquant qu'aux roches vitreuses de la série (obsidiennes, perlites...), ce mode d'origine serait encore inadmissible pour d'autres motifs.

Mais je ne puis entrer aujourd'hui dans la discussion de cette question qui, beaucoup trop spéciale, n'est pas de celles qui doivent être traitées devant le Congrès; j'ai seulement voulu formuler une réserve contre cette dernière partie de la communication de M. le professeur Szabo.

M. le Président. La parole est à M. Virlet d'Aoust.

LES VOLCANS

ET LES CAUSES QUI PARAISSENT LES DÉTERMINER.

M. Virlet d'Aoust. Messieurs, les questions qui concernent les volcans sont à la fois les plus émouvantes et les plus terribles de la géologie, car elles touchent à l'existence de certaines populations dont elles ébranlent, soulèvent et bouleversent le sol, menaçant sans cesse de les engloutir.

Dans ma longue carrière, j'ai eu l'occasion de visiter et d'étudier, tant en Europe qu'en Amérique, un très grand nombre de volcans éteints ou actifs, et par conséquent de longtemps méditer sur les causes mystérieuses des phénomènes qu'ils présentent. Ces phénomènes, on le sait, s'annoncent généralement par des tremblements de terre, par des roulements sourds, par des grondements et des détonations formidables [1].

La terreur que les phénomènes volcaniques inspirent, la violence de leurs manifestations, la sublime beauté du spectacle qu'ils offrent toujours à nos regards étonnés, tout en eux tend à exciter notre curiosité. Il n'est donc pas étonnant que, depuis la plus haute antiquité, l'imagination des hommes, impressionnée par la grandeur de ces phénomènes ignés, ait cherché à en expliquer les causes. De là sont nées une foule d'hypothèses, dont il serait trop long de retracer ici l'historique et dont nous croyons devoir nous borner à examiner les plus récentes.

Cratères de soulèvement. — Émanée d'un des plus éminents géologues allemands (Léopold de Buch), défendue par d'autres savants illustres (Dufrénoy, Élie de Beaumont, Arago, Humboldt), la théorie fameuse des cratères de soulèvement a eu jadis beaucoup de retentissement. Nos études sur les volcans de la Grèce nous ont permis de prendre une grande part aux discussions auxquelles

[1] Ces détonations sont parfois si formidables qu'elles peuvent être entendues à des distances considérables; de Humboldt, qui entendit celles de Guayaquil à plus de 50 lieues, rapporte que celles qui précédèrent l'éruption de 1812, du volcan de Saint-Vincent dans l'île de ce nom, l'une des Antilles, furent entendues à une distance de 210 lieues; celles qui ont accompagné la terrible éruption sèche de 1835 de l'un des plus célèbres volcans de la grande chaîne guatémalienne (le Conséguina ou Nicaragua) ont été entendues dans le Yucatan et jusque dans les Antilles, soit à des distances d'environ 350 et 400 lieues. Ces faits remarquables d'audition à d'aussi immenses distances n'auraient-ils rien de comparable à ces curieux effets microphoniques constatés de nos jours? Sans doute, ces bruits souterrains peuvent être transmis à distance, par certaines couches, comme par un fil conducteur, ce qui expliquerait pourquoi ils ne sont pas entendus sur des points plus rapprochés.

elle a donné lieu et à la réfutation qui en a été faite. Elle consistait à considérer tout centre volcanique comme formé d'abord par un soulèvement vertical qui aurait provoqué dans le sol un étoilement au milieu duquel le foyer se serait ensuite établi. On citait comme exemple à l'appui les îles de Palma, de Ténériffe, de Baren-Island, et surtout celle de Santorin; la Somma, au Vésuve, et le val del Bove, à l'Etna, étaient également considérés comme des segments de cirques dus à un soulèvement originel.

Rien cependant dans les faits ne répondait aux conditions de la théorie; on ne voit point les vallées rayonnantes, larges et profondes à partir du centre de soulèvement, et allant successivement en s'amoindrissant vers la périphérie. Tout au contraire, les vallées qui prennent naissance sur les montagnes volcaniques, comme sur les montagnes stratifiées, proviennent d'un ravinement d'abord insensible, puis s'approfondissent en s'élargissant graduellement à mesure qu'elles s'éloignent du faîte. D'ailleurs, il est aujourd'hui assez bien démontré que les volcans sont eux-mêmes, non la cause, mais bien la conséquence des soulèvements montagneux : c'est seulement, en effet, sur les lignes de fracture de la surface terrestre qu'ils ont pu s'établir, en donnant lieu ainsi à de longs alignements [1].

Raz de marée. — Je rappelle encore un phénomène assez fréquent dans les eaux de l'Archipel, celui des raz de marée, que je regarde comme la conséquence de mouvements volcaniques sous-marins. J'en fus témoin moi-même, à bord de *l'Alcyon*, par le travers de l'île de Chio. Tout à coup le navire fut soulevé par une violente secousse qui semblait devoir le déchirer; pourtant la mer était calme et le fond sans récifs; en arrivant à Smyrne, nous apprîmes qu'un fort tremblement de terre s'était fait sentir à Chio, sur d'autres îles et le long de la côte d'Asie Mineure; notre navire s'était trouvé sans doute directement au-dessus de l'action mécanique qui avait produit ce raz de marée.

Déluge de la Samothrace. — C'est également à l'un de ces violents raz de marée que j'attribue le fameux déluge de la Samothrace [2]. En visitant cette île de la mer Égée, si célèbre dans l'antiquité par son culte des dieux Cabires, et en étudiant sa configuration toute particulière, j'ai pu me rendre compte des circonstances qui ont dû accompagner un événement dont les traditions légendaires nous sont parvenues à travers les siècles. Si la cause de cet événement n'avait pas été locale, il est certain que les îles et côtes voisines auraient dû également être submergées, et les mêmes traditions nous en auraient conservé le souvenir.

Enfin, je crois devoir rappeler que les deux formidables raz de marée du Pacifique qui, en mai 1877 et en janvier 1878, ont successivement envahi et ravagé les côtes du Pérou, où ils ont presque entièrement détruit plusieurs villes, et entre autres celle de Callao, sont bien évidemment dus à des phéno-

[1] Voir, à ce sujet, *Commission scientifique de Morée*, t. II, p. 250; *Bulletin de la Société géologique*, 1re série, t. III, VI, VII et IX; *Les Mondes* (1866-1867); *Histoire des Kaiménis de Santorin.*

[2] Voir ma *Lettre à M. Letronne* (*Revue des Deux-Mondes*, 1832) et *Bulletin de la Société géologique de France*, 1re série, t. III; 2e série, t. XI.

mènes volcaniques, car, en même temps que les secousses souterraines se produisaient, Lima, Iquique et Arica en ressentaient les effets. Cependant, d'après les renseignements recueillis par les navires sur ces terribles raz de marée, ils ont dû être engendrés, sur un même point fort éloigné des côtes, dans la direction des îles volcaniques de Galapagos.

Théorie du soulèvement des montagnes. — Les hypothèses de la chaleur centrale et de la fluidité incandescente de la masse intérieure du globe, généralement admises aujourd'hui comme conséquence de l'ingénieuse conception de Laplace sur la formation des planètes en général et de la nôtre en particulier, ont naturellement donné lieu à la théorie du soulèvement des montagnes. L'illustre Élie de Beaumont a fait voir que, par suite du refroidissement progressif du globe, une enveloppe solide a d'abord recouvert la surface; que, par la contraction incessante, il tend ensuite à se former, entre la masse et son enveloppe plus ou moins rigide, un vide que celle-ci, en vertu des lois de la pesanteur, est obligée sans cesse de combler en s'infléchissant ou en se brisant. C'est dans ces crises dynamiques que se seraient produits les grands cataclysmes auxquels nous devons les différents systèmes de montagnes, parmi lesquels l'auteur de la théorie a su établir, en outre, à l'aide de ses études pratiques, une véritable chronologie géologique qui a beaucoup aidé à fixer avec plus de certitude l'âge des différentes formations.

Causes probables des grands tremblements de terre. — Si la plupart des tremblements de terre qui se produisent dans les régions volcaniques sur des étendues plus ou moins restreintes doivent être considérés comme le corollaire des phénomènes volcaniques, il n'en est pas de même des grands ébranlements qui affectent indifféremment tous les sols et toutes les régions avec une extension fort considérable. Ceux-ci paraissent dus à des causes tout à fait différentes. Comme exemple des catastrophes qu'ils produisent parfois, nous nous bornerons à rappeler ici celle du terrible tremblement de terre de la Calabre, de 1783, qui, sur un espace de 60 lieues, détruisit en quelques jours trois cent vingt villes et villages; et celle, bien plus terrible encore, dite du tremblement de terre de Lisbonne, de 1755. Ce fut un véritable cataclysme, car, en trois secousses et en six ou sept minutes, il détruisit presque toute la ville et y fit périr plus de trente mille personnes. Il s'étendit de la partie septentrionale de l'Afrique jusqu'en Norvège et même jusqu'en Islande, ébranlant toute l'Europe, détruisant plusieurs villes du Maroc, engloutissant une peuplade presque entière d'Arabes avec ses nombreux troupeaux. L'Atlantique fut, de son côté, violemment agité jusqu'au delà des Antilles, où les eaux, devenues noires, s'élevèrent de 6 à 7 mètres, tandis qu'à Cadix elles atteignaient jusqu'à 20 mètres au-dessus de leur niveau ordinaire, entraînant de hautes murailles; enfin, on évalue à près de six cent mille le nombre de personnes qui périrent à la suite de cette formidable catastrophe.

A quelles causes peut-on attribuer ces grands désastres terrestres?

Ne nous serait-il pas permis de les rattacher aussi aux pressions centrales, à ces flexions ou dislocations qui viennent d'être signalées? Ne représentent-

ils pas assez bien, en effet, sur une échelle réduite, les grands cataclysmes auxquels on attribue les soulèvements?

Théorie des soulèvements lents. — Comme conséquence des mouvements brusques et instantanés, nous avons fait voir, il y a longtemps déjà [1], que la croûte solide du globe était encore soumise à des soulèvements et à des affaissements extrêmement lents, auxquels, pour cette raison, nous avons cru devoir donner le nom d'*oscillations séculaires de la surface du globe.*

Ainsi s'expliquent les alternances de certains terrains d'eau douce avec des terrains marins, et aussi ces nombreux *hiatus* qu'on rencontre, soit dans la succession des couches d'un même terrain, soit dans la succession des terrains entre eux. Unie à la précédente, cette théorie permet de concilier les partisans exclusifs des causes lentes, aujourd'hui assez nombreux, avec ceux qui maintiennent leur opinion sur l'existence des soulèvements violents. Elles nous semblent être solidaires et se compléter l'une l'autre, car, si l'une d'elles peut rendre facilement compte de certains faits, elle est ordinairement insuffisante pour en expliquer d'autres.

Origine des volcans. — Ainsi qu'il arrive trop souvent aux inventeurs qui cherchent à généraliser outre mesure leurs systèmes, il était naturel que l'auteur de la théorie des soulèvements eût eu l'idée de l'appliquer également aux volcans. Les tremblements et les bouleversements qu'ils produisent semblent, en effet, à première vue, devoir les rattacher aux grands phénomènes dynamiques du globe. Élie de Beaumont et beaucoup de géologues ont donc pensé que les volcans procédaient, comme les soulèvements, des réactions incessantes de l'écorce sur le noyau interne. Pressée par son enveloppe solide, la masse fluide est forcée alors, à de certains moments, de s'injecter à travers les fissures ou les fractures et de s'y élever ainsi jusqu'à la surface pour se déverser en plus ou moins grande quantité, avec les circonstances qui caractérisent habituellement ces émissions.

C'est là, il est vrai, une conjecture séduisante et qui paraît d'autant plus naturelle qu'elle rattache l'incendie extérieur au foyer intérieur. Aussi semble-t-elle avoir le plus généralement cours en ce moment parmi les géologues. Cependant, quand on en vient à examiner les faits de plus près, on s'aperçoit bientôt que cette hypothèse, toute spécieuse qu'elle paraisse, n'est pas plus soutenable que celle des cratères de soulèvement. Examinons d'abord quelles en seraient les conditions nécessaires :

1° Il faudrait supposer que la pression exercée par la croûte solide sur la masse fluide est permanente, car les éruptions volcaniques qui se font par les deux ou trois cents bouches en activité à la surface du globe, tantôt sur quelques points, tantôt sur d'autres, peuvent être considérées comme incessantes.

2° A cause de la chaleur très intense de l'intérieur, les matières ainsi émises directement devraient être douées d'une grande fluidité.

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. VI, p. 618.

3° Les produits volcaniques, pour des époques géologiques déterminées, présenteraient une similitude parfaite sur tous les points du globe.

4° D'après les lois de la mécanique céleste, ils devraient aussi offrir un accroissement progressif de densité à mesure que leur origine est plus récente, puisqu'ils proviennent de profondeurs de plus en plus grandes.

5° Enfin, toutes les masses injectées et refoulées jusqu'à la surface ne devraient-elles pas, en raison de leur origine, être toutes absolument anhydres?

En réalité, aucune de ces conditions exigées par la théorie ne se rencontre dans la nature. D'abord si, comme il est fort probable, les dislocations de l'écorce terrestre sont dues en effet au retrait par refroidissement progressif du noyau central, ce refroidissement, de nos jours, est tellement insensible que l'on se demande s'il pourrait encore donner lieu à la formation d'une nouvelle chaîne de montagnes.

En tout cas, en présence d'un refroidissement qu'on peut considérer aujourd'hui comme à peu près nul, on pourrait se demander si l'action de la pesanteur sur la masse fluide peut encore être suffisante pour satisfaire aux éruptions qui se manifestent journellement sur tous les points de la terre, et si la masse des laves rejetées à l'extérieur ne serait pas disproportionnée aux vides compatibles avec un retrait presque insensible.

En second lieu, les matières rejetées par les volcans sont loin d'avoir l'extension, la chaleur et la fluidité que devraient posséder dès courants provenant directement de l'intérieur du globe. La chaleur des laves incandescentes n'est comparativement pas très grande : on peut souvent les approcher de très près, sans en être incommodé. Elles paraissent parfois à peine fondues, et leur viscosité est telle qu'on a vu des coulées de lave mettre plusieurs années pour parcourir une lieue, témoin la coulée qui traversait le village de Biscaïto, à Terceire, l'une des îles Açores, lors de l'éruption de 1761.

Troisièmement, la similitude que devraient présenter, sur la surface entière du globe, tous les produits volcaniques contemporains, n'existe pas davantage: tandis que sur un point les trachytes faisaient irruption, sur un autre venaient les basaltes. Il en est de même dans l'ordre des matières entre elles; suivant les localités, tantôt les laves trachytiques, tantôt les laves basaltiques sont arrivées les premières.

Quatrièmement, la densité des produits volcaniques (si l'on ne compte pas celle des basaltes, qui atteint de 2.80 à 3.00) ne dépasse guère 2.50. Elle s'écarte donc peu de la densité ordinaire des roches de la surface, tandis que la densité moyenne du globe est de 5 à 5.5.

Cinquièmement enfin, les laves, au lieu d'être des matières anhydres, comme elles devraient l'être si elles provenaient directement du foyer central, sont, au contraire, plus ou moins hydratées en ce sens qu'elles contiennent à la fois de l'eau de mélange et de l'eau de combinaison, et il en est qui en contiennent jusqu'à 10 et 12 p. 0/0.

Aucune des conditions n'étant remplie, il ne nous paraît pas possible de

rattacher la cause des volcans aux réactions de l'enveloppe terrestre sur la masse centrale.

Les volcans ont une origine intracrustale. — Nous avons cru devoir adopter l'expression *intracrustale* pour indiquer que, d'après nos propres observations, les phénomènes volcaniques ont leur origine dans l'épaisseur même de la croûte solide du globe et non à sa base.

L'eau doit sans aucun doute être considérée comme l'un des agents les plus indispensables à l'existence active des volcans, et, en effet, les volcans en pleine action ignée sont généralement situés dans le voisinage des mers ou dans les mers mêmes.

C'est ainsi que l'océan Pacifique est parsemé d'un nombre incalculable de volcans, la plupart encore en activité; tandis que ceux de l'Auvergne, du Vivarais, de l'Eifel, etc., maintenant assez éloignés de la mer, sont, de temps immémorial, tous éteints. L'intérieur des grands continents, comme ceux de l'Afrique, de l'Asie, de la partie orientale de l'Amérique du Nord, est également dépourvu de volcans actifs; au contraire, la partie occidentale du nouveau monde avoisinant les côtes du Pacifique présente, depuis la Terre de Feu jusqu'au Territoire d'Alasca, sur une longueur de plus de 3,000 lieues, un nombre très considérable de foyers alternativement en éruption; de même les côtes orientales de l'Asie sont bordées d'une immense ceinture de plus de 2,000 lieues, composée d'une infinité de volcans et d'îles volcaniques: le Kamtchatka, les Kouriles, le Japon, les Philippines, les îles de la Sonde et du golfe de Bengale, etc.

Les exemples que l'on pourrait opposer à cette règle générale, loin de témoigner contre l'intervention de l'eau dans les phénomènes volcaniques, nous paraissent, au contraire, en confirmer la nécessité. En effet, ces volcans sont situés dans le voisinage de grands réservoirs d'eau ou bien sont alimentés par les eaux de la surface; c'est ainsi, par exemple, que nous avons pu constater au Mexique que les volcans encore en activité, quoique très éloignés de la mer, sont alimentés par les eaux qui, pendant la saison pluviale, vont se précipiter avec bruit dans des gouffres, ou *resumideros*, en communication avec les foyers souterrains d'où s'échappent parfois, avec un certain sifflement, d'abondantes vapeurs d'eau, probablement associées à d'autres gaz.

Nous avons pu constater encore dans cette vaste région américaine un autre fait significatif. Il y existe, au-dessous des nappes basaltiques des plaines, un grand nombre de cavernes ayant la forme d'immenses tunnels et qui ne sont autre chose que d'anciens couloirs restés vides, par où se sont épanchés d'abord des courants de laves incandescentes; plusieurs ont ensuite donné passage à des cours d'eau, qui allaient ainsi entretenir l'activité intérieure volcanique. Les rainures produites le long des parois indiquent encore les différents niveaux atteints par les eaux et de nombreuses incrustations calcaires s'y sont déposées. On peut donc affirmer que ces vastes conduits souterrains ont successivement livré passage à des torrents de feu et d'eau. De semblables couloirs se rencontrent en Islande, et M. Fouqué en a aussi reconnu aux Canaries, où ils lui ont paru avoir également servi d'issue aux torrents de laves.

L'intervention de l'eau dans les phénomènes volcaniques nous paraît surtout bien démontrée par les vapeurs d'eau que les cratères laissent échapper sans cesse, avec les autres gaz, par les jets intermittents d'eau bouillante qui constituent les geysers, et par les éruptions boueuses et chaudes qui résultent du mélange de la vapeur avec les éléments de certaines roches, passées par suite de la chaleur à l'état de chaux [1]. Lorsque ces roches calcinées ne peuvent pas se mélanger à l'eau, les éléments qui n'ont pas été fondus sont entraînés et expulsés par la force expansive du gaz intérieur et donnent lieu au phénomène que j'ai cru devoir désigner sous le nom d'*éruptions sèches*, parce que ces matières pulvérulentes ne sont ordinairement accompagnées d'aucune émission de lave, du moins par les cratères qui les rejettent. Les volcans d'Amérique ont fourni de fréquents exemples de ce genre d'éruption; j'ai cité l'une des plus remarquables, celle du volcan Conséguina ou Nicaragua, en 1835 [2]. Elle a été l'une des plus formidables des temps modernes et tout à fait comparable à celle du Vésuve, de l'an 79. Celle-ci, en effet, fut aussi une véritable éruption sèche, si violente qu'elle engloutit sous la masse de ses matières pulvérulentes les villes de Stabia, d'Herculanum et de Pompéi.

L'intervention de l'eau ainsi constatée, il est facile d'en conclure que les phénomènes volcaniques ont une origine intercrustale et ne doivent même pas se produire à une grande profondeur dans l'intérieur de la croûte du globe. L'eau se transformant en vapeur à la température de 100 degrés centigrades ne peut guère pénétrer dans les entrailles de la terre à des profondeurs qui dépassent beaucoup cette température. Il s'agit donc de pouvoir établir à quelle limite on l'atteint. Or, les observations de la température, quoique assez divergentes, accusent un degré d'accroissement, tantôt pour 15 mètres, tantôt pour 35 mètres d'enfoncement. Il en résulte que les phénomènes volcaniques doivent se trouver à une profondeur qui peut varier entre 1,500 et au plus 3,500 mètres, ce qui est loin, on le voit, d'atteindre toute l'épaisseur que l'on attribue généralement à la croûte du globe, bien qu'on la fasse varier de 40 à 100 kilomètres, soit de 10 à 25 lieues.

Une autre preuve m'a encore été fournie par l'arrondissement minier de Guanajuato. Les environs de cette ville mexicaine, célèbre par la grande richesse de ses mines d'argent, appartiennent à un grand centre d'actions volcaniques qui s'y manifestent sous toutes les formes; d'abord par un volcan très élevé (*El Gigante*), de 3,213 mètres d'altitude; par d'immenses nappes basaltiques qui occupent les plaines environnantes et où se rencontrent plusieurs autres cônes volcaniques de second ordre; par de véritables geysers, ceux d'*Aguas-Buenas* et de *Comanjilla;* par des solfatares, par les boues chaudes de *Manguia*, mais surtout par des *bramidos* ou roulements sourds qui, depuis plus d'un siècle, se font entendre dans les environs. Ces roulements souterrains, aujourd'hui rares et affaiblis, avaient, à une certaine époque, acquis une telle intensité qu'en 1784 une grande partie des habitants, justement effrayés, cru-

[1] Quant aux carbures d'hydrogène qui accompagnent toujours ces éruptions boueuses, j'ai démontré (*Bulletin de la Société géologique*, 1re série, t. IV) qu'ils sont une émanation *sui generis*, et ne peuvent provenir de la distillation de la houille.

[2] *Bull. de la Soc. de géographie*, 1877, et *Observations sur le système des montagnes d'Anahuac.*

rent devoir émigrer. L'affaiblissement du phénomène et son éloignement graduel semblent indiquer que les réactions intérieures diminuent d'énergie[1].

L'existence très moderne des volcans, qui ne nous paraissent pas remonter au delà de l'époque tertiaire moyenne, nous semble fournir encore un argument excellent en faveur de l'hypothèse *intracrustale*. Aucune observation n'autorise, en effet, à supposer qu'antérieurement la surface terrestre ait été soumise à des phénomènes comparables à ceux que nous offrent journellement les véritables volcans. Le surgissement, sous forme de *dykes* ou de filons, de roches improprement appelées *ignées*, ne peut être assimilé à ces phénomènes; il n'y faut voir que la conséquence de pressions sur des roches intracrustales, ramollies par le métamorphisme normal. Attribuer donc à des soulèvements la venue de ces prétendues roches ignées, et employer, comme on le fait souvent, les expressions de *soulèvement du granit*, *soulèvement du porphyre*, *soulèvement de l'ophite*, etc., c'est commettre autant d'erreurs; car, à notre avis, les roches granitiques, ophitiques, dioritiques, etc., étant toutes essentiellement métamorphiques, n'ont jamais rien soulevé : elles ont été simplement soulevées elles-mêmes avec les roches qui les recouvrent ou avec lesquelles elles alternent en stratification généralement concordante. Si les volcans procédaient de la masse intérieure du globe, il nous paraît évident que, remontant comme les soulèvements à l'origine des choses, ils auraient dû se montrer de tout temps avec leurs coulées extérieures et leurs déjections meubles, accompagnées d'actions gazeuses sur les roches avoisinantes, ce que rien n'autorise à admettre.

Les roulements sourds, de plus ou moins longue durée, comme ceux de Villalpando, de Guanajuato, nous paraissent dus aux déplacements de masses de lave, ce qui indique l'existence d'immenses cavités intérieures dans lesquelles il doit s'opérer de fréquents éboulements, causes de tremblements de terre partiels. S'il s'y produit des fractures, elles peuvent provoquer des éruptions, et celles-ci dès lors peuvent avoir lieu tantôt sur un point, tantôt sur un autre du même centre volcanique. Pour n'en citer qu'un exemple, nous rappellerons que l'éruption du volcan de Santorin, en 1650, s'est produite à 6 ou 7 kilomètres au Nord-Est en dehors de son grand cirque, où elle a donné lieu à la formation d'un banc sous-marin dit *de Kolumbo*, essentiellement composé de rapillis; du côté opposé, à 20 kilomètres au Sud-Ouest, ont également surgi à des époques préhistoriques les trois petites îles ou écueils trachytiques de

[1] J'ai été cependant assez heureux en visitant, en 1853, les mines de *Villalpando*, situées à quelques lieues au Nord-Est, pour entendre un de ces roulements, bien plus perceptibles, d'après le dire des ouvriers, à l'intérieur des travaux qu'à la surface du sol. Ce bruit, comparable à celui que produit une mer en furie agitant une grande masse de galets, me parut d'abord assez faible, mais il alla en augmentant à mesure que je le sentis en quelque sorte s'approcher par un léger ébranlement plus sensible du sol; puis, suspendu tout à coup, comme par un choc, pendant quelques secondes, ce roulement recommença, mais cette fois plus sourd et s'affaiblissant évidemment dans sa marche rétrograde. Quelle est la cause qui met ainsi en mouvement la vague lavique et la force à venir se heurter, en guise de bélier hydraulique, contre un obstacle? Évidemment, il y a là, pour nous, une lutte intérieure entre les matières en ignition et les gaz, en vertu de leurs forme expansive. C'est en présence de semblables phénomènes que le microphone Bell, perfectionné par M. de Rossi, aurait pu nous être d'une grande utilité, car, en amplifiant les sons, les rendant plus sensibles, il eût pu nous faire mieux apprécier les faits et nous rendre leur interprétation plus facile et plus sûre.

Christiania, les anciennes *Lagusa*, que Pline désigne sous les noms de *Leo*, *Ascania* et *Hippuris*.

Les effondrements considérables éprouvés par certains cratères, comme ceux de Santorin, du Papandayan, dans l'île de Java, et de tant d'autres, sont encore une preuve de l'existence de ces grandes cavités intérieures formées aux dépens des roches transformées en laves par la chaleur, et successivement expulsées. Lorsque les volcans se trouvent ainsi épuisés par leurs déjections répétées, le toit de leur foyer d'ignition, n'étant plus soutenu par la masse fluide, peut s'effondrer et donner lieu à la formation de ces grands cirques, témoins de l'existence antérieure de cônes volcaniques plus ou moins élevés et engloutis. Ce sont ces mêmes cratères d'enfoncement, parfois transformés en lacs, dans lesquels, prenant le contre-pied du phénomène, on avait voulu voir des cratères de soulèvement. Après ces grandes catastrophes, les volcans entrent généralement en repos, pour un temps plus ou moins long, puis ils tendent à se rétablir dans leur centre, tels les nouveaux cônes du Vésuve, tels les Kaïmênis de Santorin, etc.

Il résulte de la formation intracrustale des laves qu'elles doivent, jusqu'à un certain point, nous faire préjuger de la composition des roches plus ou moins anciennes dont elles procèdent. Ainsi, pour nous, les laves basaltiques, par exemple, seraient les représentants de roches de composition argileuse, tandis que les laves trachytiques seraient au contraire les représentants de roches à éléments feldspathiques.

Âge de quelques volcans. — La ligne qui passe par les trois points éruptifs des îlots de Christiania, des Kaïmênis de Santorin, du banc de Kolumbo, a la direction N. 40° E.; c'est exactement celle de notre système de *soulèvement dardanique*, qui se rapporte à celui des *Grandes Alpes* d'Élie de Beaumont. Le centre volcanique, conséquence du système de fractures, ne peut que lui être postérieur, et son établissement se trouve par conséquent plus récent que le terrain subapennin. Cependant sur d'autres points de la Grèce, à l'île de Milo, par exemple, les éruptions volcaniques remontent à une date un peu plus ancienne, car nous avons reconnu qu'elles y ont été contemporaines des dépôts subapennins, puisque ceux-ci renferment, mélangés avec leurs fossiles, des fragments d'obsidienne, ce qui fait remonter sur ce point l'apparition des volcans à l'époque tertiaire moyenne. Dans l'Amérique centrale, l'origine des volcans est, au contraire, plus moderne; elle a succédé à notre grand système de soulèvement d'Anahuac; elle est par conséquent postérieure aux terrains tertiaires, mais antérieure au terrain quaternaire qui en renferme les débris.

Causes probables de la production des volcans. — Les phénomènes volcaniques nous paraissent avoir une certaine analogie avec les incendies spontanés qui se produisent parfois dans les houillères; là aussi, c'est à l'intervention de l'eau et à son action sur les pyrites de fer, assez généralement disséminées dans la houille, que sont dus ces incendies. Les pyrites, en se décomposant au contact de l'humidité, produisent assez de chaleur pour déterminer l'inflammation de la houille.

Dans les volcans, les vapeurs d'eau mélangées de gaz sulfureux et chlorhy-

driques qui s'en échappent habituellement, soit par les cratères, soit par des fissures, semblent témoigner que l'eau et les pyrites jouent aussi un grand rôle. Parmi les produits qui résultent des réactions intérieures, nous nous bornerons à citer les nombreux grains de fer titané qui caractérisent les basaltes d'Amérique : on les rencontre partout dans les ravins, à l'état de sable (*marmaca*) provenant de la décomposition des roches et brillant de l'éclat de l'acier, à la Guadeloupe, dans toute l'Amérique centrale, depuis Panama jusqu'aux Montagnes Rocheuses et même jusqu'au Territoire d'Alasca. L'élévation de température qui résulte de ces réactions chimiques, jointe à la chaleur initiale du lieu, est certainement plus que suffisante pour amener la fusion de certaines roches. Celles-ci, sous l'effort des matières gazeuses surchauffées, doivent naturellement tendre à se frayer un passage à travers les fractures du sol. Ainsi se trouverait en quelque sorte confirmée l'hypothèse chimique formulée par Davy pour expliquer la formation des volcans.

Indépendance des volcans. — La théorie intracrustale a encore pour conséquence de faire considérer tous les centres volcaniques, et parfois les divers volcans d'un même centre, comme indépendants les uns des autres. Ainsi, pour nous, l'Etna, quoique voisin du Vésuve, en est tout à fait indépendant et il en est probablement de même pour les îles Lipari, et à bien plus forte raison pour Santorin et les autres îles de l'archipel grec. Seulement, quand des commotions volcaniques se manifestent dans un centre, comme elles ébranlent le sol souvent à de grandes distances, elles peuvent provoquer quelques réactions dans les centres voisins, sans que l'on puisse en conclure pour cela qu'ils soient solidaires. Par exemple, lors de la grande éruption du Papandayan, deux autres volcans, situés l'un à 300 kilomètres et l'autre à 580 kilomètres de distance, se mirent également en éruption, pendant que d'autres volcans, beaucoup plus rapprochés, restèrent complètement inactifs. A Hawaï, l'une des îles Sandwich, les deux volcans voisins de Mauna Roa et de Mauna Koa sont cependant parfaitement indépendants, attendu que lors de l'éruption du premier, en 1855, qui fournit une coulée de 112 kilomètres de longueur, la lave du second, plus élevée de 1,200 mètres, resta parfaitement en repos; cela exclut évidemment l'existence d'une communication directe entre les deux cônes.

En résumé, si nous ne pouvons espérer, malgré les progrès incessants des sciences, de jamais pénétrer assez avant dans les entrailles de la terre pour atteindre à ces fournaises ardentes et mystérieuses où s'élaborent les matières volcaniques, il nous semble néanmoins que, dès à présent, nous pouvons conclure, par induction de l'ensemble des faits qui viennent d'être exposés, que l'hypothèse intracrustale, réunissant en sa faveur un assez grand nombre de preuves, peut prendre rang parmi les faits, sinon définitivement acquis, du moins appuyés sur la plus grande somme de probabilités.

La séance est levée à six heures.

SÉANCE DU MERCREDI 4 SEPTEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. HÉBERT, PRÉSIDENT,

Assisté de MM. Capellini, Daubrée, Gaudry, James Hall, Sterry Hunt, de Moeller, Ribeiro, Stéphanesco, Szabo, Torell et Vilanova.

Sommaire. — Communications : Sur le calcaire bleu éruptif des environs d'Alger, par M. Delesse, au nom de M. Bourjot. — Sur le *Kettle Moraine*, de la région des grands lacs de l'Amérique du Nord, par M. Chamberlin. — Sur le *Report of the Committee of the American Association of 1876 on biological nomenclature*, par M. Cope. — Résumé des opinions émises par un groupe de membres du Congrès sur l'Unification du coloriage des cartes géologiques, par M. Ed. Fuchs.

Résolutions du Congrès. — Discussion et vote des résolutions relatives à la publication des travaux, à la prochaine réunion du Congrès, à la transmission des pouvoirs, à la nomination de Commissions internationales, etc. — Clôture de la session.

La séance est ouverte à deux heures et un quart.

M. le Président. Messieurs, le Conseil a élaboré, dans une importante séance tenue ce matin, une série de propositions qu'il m'a chargé de vous transmettre. Mais, avant que la discussion s'engage à ce sujet, nous devons entendre quelques communications qui n'ont pu trouver place dans nos précédentes séances. Je demanderai seulement à leurs auteurs de ne point oublier combien est limité le temps que nous pouvons leur consacrer.

La parole est à M. Delesse.

COMMUNICATION SUR LE CALCAIRE BLEU ÉRUPTIF

DE M. BOURJOT-SAINT-HILAIRE,

FAITE PAR M. DELESSE.

M. Delesse. Messieurs, je demande la parole, non pour vous faire une communication personnelle, mais pour appeler votre attention sur un ensemble de travaux géologiques présentés au Congrès international par un de nos collègues, M. Bourjot-Saint-Hilaire. Mais qu'il me soit permis tout d'abord de formuler une réserve expresse. C'est uniquement comme mandataire de M. Bourjot que je me présente, sans accepter aucunement la responsabilité des idées théoriques qu'il a formulées; confiant dans mon impartialité scientifique, M. Bourjot m'a demandé de les exposer devant le Congrès et je vais tâcher de le faire.

Pour ceux d'entre nous qui ne le sauraient pas, il convient de dire que M. Bourjot est l'un des doyens de la Société géologique. Comme il se plaît à le répéter fréquemment dans les volumineux manuscrits que vous avez ici sous les yeux, né en 1800, il marche avec le siècle; il ajoute même qu'il est un peu en avant de son siècle, et, pour le triomphe de ses opinions qui maintenant paraîtront hasardées, il a confiance dans la géologie de l'avenir.

En tout cas, M. Bourjot-Saint-Hilaire habite depuis vingt ans l'Algérie, qui est devenue pour lui une seconde patrie. Il s'occupe avec persévérance et avec une louable activité de l'étude géologique des environs d'Alger; il est secondé dans ses travaux par notre collègue, M. Paul Marès, et par M. Moliner-Violle. Avec le concours de ces deux collaborateurs, il a exécuté une carte géologique des environs d'Alger qu'il envoie au Congrès. Il a dressé aussi de nombreuses coupes géologiques et fait un relevé minutieux de la côte. En outre, plusieurs mémoires manuscrits se trouvent joints à son envoi.

Une collection géologique accompagne ces documents; elle est déposée à la Société géologique de France et sera mise à la disposition de tous les membres qui désireraient en prendre connaissance.

Mais M. Bourjot attache une importance exceptionnelle à un point particulier de géologie sur lequel il appelle spécialement l'attention du Congrès; c'est l'origine de la roche à laquelle il donne le nom de *calcaire bleu éruptif*.

Très développé dans le Sahel d'Alger, ce calcaire est azoïque, cristallin, à structure saccharoïde et de couleur bleuâtre ou blanchâtre. Il est magnésien et des imprégnations de pyrite de fer le rendent souvent métallifère.

M. Bourjot considère le calcaire bleu des environs d'Alger comme entièrement éruptif. Il pense qu'il a traversé l'ensemble des terrains, non seulement jusqu'à la mollasse marine, mais même jusqu'aux dépôts de l'époque actuelle. Tantôt il le compare à des dykes, tantôt il y voit des formes qu'il reproduit dans de nombreux dessins et qu'il compare à celles des coulées de laves et des *cheires* de l'Auvergne. En un mot, il admet que ce calcaire bleu a été amené par la chaleur à l'état de fusion ignée. Poussant plus loin qu'aucun géologue la hardiesse de sa théorie, M. Bourjot admet en outre que ce calcaire provient de calcium métallique qui, ramené par la pression de l'intérieur de la terre vers la surface, se serait oxydé et carbonaté.

Cette hypothèse paraîtra sans doute bien invraisemblable à beaucoup de nos collègues, et, pour mon compte, je ne puis que renouveler ici les réserves que j'ai faites en commençant cet exposé.

Est-ce à dire cependant qu'il n'y ait pas des calcaires, et particulièrement des dolomies ainsi que des calcaires magnésiens qui présentent des caractères éruptifs? Non certes; et divers savants, des plus autorisés, l'ont reconnu depuis longtemps.

Si nous nous occupons d'abord de la formation de la dolomie et de la *dolomisation*, on l'a expliquée tantôt par la *voie sèche*, tantôt par la *voie humide*.

Rappelons en premier lieu les hypothèses qui sont fondées sur la *voie sèche*.

Dès l'année 1779, Arduino avait été frappé de certaines circonstances de gisements présentées par la dolomie de Lavina, dans les Alpes vénitiennes. Cette dolomie offre, en effet, une structure bréchiforme, et elle paraît limitée par

de grandes failles qui traversent le calcaire. Il émit l'opinion qu'elle provenait d'une action volcanique qui, brisant le calcaire, y avait introduit de la magnésie.

Vingt-sept ans plus tard, Heim, qui étudiait le Thuringerwald, fit, de son côté, des remarques semblables sur la dolomie du zechstein. Il l'attribuait à des vapeurs volcaniques venues de l'intérieur de la terre qui avaient brisé et métamorphosé le calcaire. Il ignorait d'ailleurs l'existence de la magnésie dans la dolomie, qu'il distinguait cependant du calcaire, à cause de ses propriétés physiques, et à laquelle il donnait le nom de *Raukalk*.

L'un des géologues les plus illustres, L. de Buch, fut conduit à peu près à la même hypothèse pour expliquer la formation de la dolomie dans le Tyrol.

Ayant observé que cette dolomie était cristalline, caverneuse, fendillée et traversée par une multitude de fissures tapissées de cristaux, il pensa qu'elle provenait d'un calcaire métamorphosé par des vapeurs de magnésie ou de carbonate de magnésie.

D'après lui, c'était le mélaphyre qui, au moment de son éruption, aurait déterminé cette métamorphose du calcaire en dolomie. Toutefois, comme l'a remarqué Élie de Beaumont, la dolomie ne devait pas avoir été produite par une action directe du mélaphyre sur le calcaire, et M. Alphonse Favre est arrivé à la même conclusion à la suite d'un voyage dans le Tyrol.

Durocher a cherché à prouver, par synthèse, l'exactitude de la théorie proposée par L. de Buch. Il a renfermé dans un canon de fusil du chlorure de magnésium avec du calcaire poreux; après les avoir chauffés au rouge pendant trois heures, il a constaté qu'il s'était formé de la dolomie qui était entourée par une scorie de chlorure de magnésium et de chlorure de calcium. Cette expérience fait donc voir que la dolomie peut se former par fusion ou par voie sèche; toutefois, c'est seulement à de grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre qu'une pareille réaction serait possible.

Plusieurs autres géologues ont également attribué à la dolomie une origine ignée et ils la considéraient même comme une roche éruptive plus ou moins analogue aux laves. Telle était la manière de voir de Savi, de Guidoni, de Sismonda et peut-être aussi de M. Virlet d'Aoust, d'Émilien Dumas, de Rozet et de Klipstein. Mais, si la dolomie se comporte quelquefois comme une roche éruptive, si elle forme des filons ou des amas venus de l'intérieur de la terre, rien dans ses caractères et dans ceux des roches qui l'accompagnent n'indique qu'elle ait une origine ignée; nous allons voir, au contraire, qu'une origine aqueuse est extrêmement probable.

Trois hypothèses ont été proposées pour expliquer la formation de la dolomie par *voie humide:* la première suppose l'intervention du sulfate de magnésie; la deuxième, celle du chlorure de magnésium, et la troisième, celle du carbonate de magnésie.

1° Haidinger et de Collegno, frappés de l'association fréquente de la dolomie avec le gypse, ont pensé que ces minéraux pouvaient résulter d'une décomposition mutuelle. Karsten et Charles Deville ont même reconnu qu'il suffit de maintenir pendant longtemps du sulfate de magnésie et du carbonate de chaux

dans de l'eau qui est à une température inférieure à 100° pour obtenir du gypse et du carbonate de magnésie.

2° Le chlorure de magnésium se trouvant dans l'eau de la mer, MM. Virlet d'Aoust et Al. Favre ont pensé qu'il était naturel de rechercher s'il ne pouvait pas également former de la dolomie. M. de Marignac l'a en effet constaté, et Forchammer a même observé qu'il suffit de chauffer de l'eau de mer avec une dissolution de bicarbonate de chaux pour obtenir un précipité de carbonate de chaux et de magnésie.

3° Mais c'est surtout le carbonate de magnésie qui permet d'expliquer de la manière la plus simple la formation de la dolomie et sans le secours d'une température ou d'une pression exceptionnelle. Car le carbonate de magnésie se dissout assez facilement dans l'eau, même quand elle est pure. De plus, lorsque l'eau contient de l'acide carbonique, il se dissout encore beaucoup plus facilement, parce qu'il passe à l'état de bicarbonate. Or, Bischof a constaté que le bicarbonate de magnésie et le calcaire donnent de la dolomie. Le calcaire est alors attaqué et se change, en partie, en bicarbonate de chaux qui est soluble, tandis que le carbonate de magnésie se dépose et, se combinant avec le carbonate de chaux, il produit de la dolomie.

MM. Dana et Sterry Hunt ont reconnu que, dans les eaux de la mer, le test calcaire des mollusques et des polypiers peut se changer en calcaire magnésien et même en dolomie. Des analyses de M. Damour ont fait voir aussi que du carbonate de chaux magnésien peut se former dans la mer et encroûter, sur nos côtes de Bretagne, les algues désignées sous le nom de *mœrl*, de *millépores* et de *nullipores*.

La théorie de la dolomisation, par le carbonate de magnésie, permet d'expliquer aisément les différentes circonstances que présente le gisement de la dolomie.

En effet, quand la dolomie se trouve en couches dans les terrains stratifiés, elle a pu se déposer directement du sein des eaux et par précipitation chimique.

Quand la dolomie présente, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical, des passages à un calcaire plus ou moins magnésien, ces passages s'expliquent alors par les changements que le temps et les circonstances locales ont apportés à la quantité de carbonate de magnésie contenue dans les eaux qui déposaient les sédiments. Du reste, l'observation apprend que la dolomie s'est formée, non seulement dans des terrains marins, mais encore dans des terrains lacustres.

Si l'on suppose maintenant que des eaux souterraines, chargées de carbonate de magnésie, pénètrent à travers des calcaires, elles devront également métamorphoser ces derniers en dolomie. Lorsque la réaction aura lieu à une certaine profondeur dans l'intérieur de la terre, elle sera d'ailleurs facilitée par l'élévation de température.

D'un autre côté, il n'est aucunement nécessaire d'admettre que les carbonates de chaux et de magnésie aient été soumis, sous pression, à une température assez élevée pour opérer leur fusion. La dolomie a très bien pu être formée à l'intérieur de la terre par des eaux magnésiennes qui la rendaient complète-

ment plastique et même boueuse. Dans cet état, tantôt elle a été rejetée à la surface du sol et elle s'est mélangée avec les couches en voie de dépôt; tantôt elle a rempli des fentes et des cavités dans l'écorce terrestre, en sorte qu'elle présente des filons ou des amas et qu'elle joue le rôle d'une roche éruptive.

Maintenant, les dolomies n'ont pas seules le privilège de devenir éruptives; c'est également ce qui peut avoir lieu pour les calcaires en général.

Ainsi, les calcaires cristallisés, qui forment des filons, ont rempli des fentes dans lesquelles ils ont été déposés par des eaux souterraines qui les tenaient en dissolution; et ils ont, en définitive, une origine interne.

Si l'on admet en outre que les calcaires soient susceptibles de devenir plastiques par l'action de l'eau, de la chaleur et surtout d'une forte pression, il sera facile d'expliquer comment des calcaires, qui ont été déposés primitivement en couches, peuvent, lorsqu'ils se trouvent à une certaine profondeur dans l'écorce terrestre, prendre une structure cristalline et, pénétrant à travers d'autres roches, se comporter comme des roches éruptives. C'est, par exemple, ce qui a eu lieu pour les amas et les ganglions de calcaire saccharoïde qu'on observe souvent dans les schistes cristallins, et particulièrement dans les roches gneissiques et granitiques.

Dans cette hypothèse, on admet que des roches sédimentaires ont été soumises au *métamorphisme* normal ou général d'Élie de Beaumont, et que, devenant plastiques, elles ont pu cristalliser et se comporter comme des roches éruptives [1].

Toutefois, M. Bourjot n'admet à aucun degré la théorie du métamorphisme; et il préfère expliquer les faits qu'il a observés sur le gisement du *calcaire bleu éruptif* des environs d'Alger, par une oxydation du calcium venu à l'état métallique de l'intérieur de la terre.

M. Bourjot espère d'ailleurs qu'il fera partager sa conviction à ceux de nos collègues qui voudraient bien visiter avec lui les environs d'Alger; il s'offre à leur servir de guide, et il leur donne rendez-vous pour le mois de novembre prochain.

En même temps, il exprime le vœu que M. le Président du Congrès veuille bien nommer une Commission internationale qui serait chargée d'examiner les volumineux travaux manuscrits qu'il présente, aussi bien que les collections qui les accompagnent, et en outre de formuler un jugement sur les opinions qu'il a exprimées.

M. le Président. Le travail de M. Bourjot, Messieurs, choque peut-être beaucoup d'idées admises dans la science et par vous tous; néanmoins, présenté par un de nos plus savants collègues, il mérite, vous le penserez sans doute, d'être accueilli avec déférence. Je rappelle d'ailleurs que M. Bourjot est un des vétérans de la Société géologique de France. Il y a donc de sérieux motifs pour que nous nous rendions à son désir.

M. Delesse vient de vous proposer la nomination d'une Commission qui

[1] Delesse, *Études sur le métamorphisme des roches*, 1860 (tome XVII des Mémoires des savants étrangers).

aurait pour tâche d'étudier les travaux de M. Bourjot sur les calcaires éruptifs.

M. Delesse. La question des calcaires éruptifs est, en effet, celle que M. Bourjot a le plus à cœur; mais je ferai remarquer qu'il y a, dans ses nombreux documents, une foule de recherches qui n'ont pas demandé moins de vingt ans, et qui, en tout état de cause, ne peuvent manquer de présenter un grand intérêt pour tous les géologues et, en particulier, pour les savants italiens, dont la patrie est si voisine de l'Algérie.

Si M. le Président le juge convenable, je lui demanderai de désigner pour constituer la Commission, parmi les membres étrangers : MM. Capellini, Dewalque, Sterry Hunt, Lesley, Ribeiro et O. Torell; et parmi les membres français: MM. Jannettaz et de Lapparent, auxquels je me joindrai si M. le Président le croit utile.

J'ajoute que si je n'ai pas proposé pour faire partie de cette Commission des géologues de l'Algérie dont plusieurs, comme MM. Pomel et Marès, auraient apporté un témoignage fort autorisé, c'est qu'ils m'ont demandé eux-mêmes à rester à l'écart et qu'ils étaient d'ailleurs récusés d'avance par M. Bourjot.

M. le Président. Je mets aux voix la proposition de M. Delesse et la liste des membres qui doivent composer la Commission telle qu'il vient de nous l'indiquer.

La proposition est adoptée.

La Commission est composée de MM. Capellini, Delesse, Dewalque, Sterry Hunt, Jannettaz, de Lapparent, Lesley, Ribeiro et Torell.

Elle sera chargée d'examiner les travaux et les recherches de M. Bourjot et de faire un rapport qui sera probablement soumis au prochain Congrès.

La parole est à M. Chamberlin pour la lecture d'un mémoire sur la région des grands lacs dans l'Amérique du Nord.

LE KETTLE. MORAINE

ET LES MOUVEMENTS GLACIAIRES QUI LUI ONT DONNÉ NAISSANCE.

M. Chamberlin (États-Unis) [1]. La formation qui fait le sujet de ce rapport comporte quelques points de ressemblance avec les Kames d'Écosse, les Eskers d'Irlande, les Œsars de Suède, les Raer de Norvège, et avec des dépôts plus récents de la Suisse. Je n'ai pas l'intention de discuter l'équivalence ou la non-équivalence de ces formations, et je ne prétends indiquer aucune opinion à cet égard. Mon essai peut, cependant, contribuer à une solution finale du problème, en présentant les résultats de recherches récentes sur la formation américaine, car des données complémentaires sur la nature de l'un des dépôts peuvent faire mieux comprendre l'origine des autres.

[1] La communication de M. Chamberlin ayant été faite en anglais, M. Sterry Hunt a bien voulu en séance la résumer dans ses traits principaux.

Cette formation se compose d'une vaste enceinte de monticules et de collines d'un caractère tout particulier, qui traversent les dépôts quaternaires et sont disposés comme d'immenses créneaux autour des grands lacs de l'Amérique, auxquels les rattache une curieuse parenté. L'étendue entière de l'enceinte est encore incertaine, mais on peut, je crois, lui attribuer sûrement une longueur de 2,000 milles, et probablement beaucoup plus, une étendue continentale peut-être, tandis que la largeur varie de 1 à 30 milles. La chaîne s'élève rarement à plus de 300 à 400 pieds au-dessus de sa base, et plus souvent elle reste beaucoup moins haute. Aussi, considérée simplement comme un trait topographique, est-elle imperceptible, sauf dans certaines parties où elle arrête la vue plutôt par son aspect sauvage et irrégulier que par son élévation; mais considérée comme accumulation de *drift*, elle présente des proportions qu'on peut justement qualifier d'imposantes. Elle a donc droit à notre attention, moins cependant par ses dimensions que par son singulier caractère.

Mais, avant d'entrer dans sa description, il paraît désirable de donner un court aperçu des recherches dont elle a été l'objet afin que l'état actuel de nos connaissances puisse être mieux compris.

Quelques portions limitées et détachées ont longtemps donné lieu à des observations et à des discussions; diverses théories ont été émises sur leur origine; mais la plupart n'ont jamais été examinées avec soin, et leur ensemble n'a pas été réuni en un seul sujet d'étude, non plus que la connexion des parties n'a été reconnue avant mes récentes investigations.

Dès 1855, le Dr J.-A. Lapham a donné, dans les publications Smithsoniennes sur les antiquités du Wisconsin, une courte description de la partie de l'enceinte située à l'est de l'État, et connue dans le pays sous le nom de *Potash Kettle Range*. Il attribue les dépressions circulaires qui constituent un des traits particuliers de la formation à l'action dissolvante et érosive des eaux souterraines, action bien connue qui produit les « puits ». Quelques années plus tard, le colonel C. Whittlesey, prenant part aux mêmes publications, décrivait ce qu'il appelait les « cavités de moraine » comme se rencontrant dans deux localités au Wisconsin, et aussi en deux points du Minnesota et de l'Ohio. Il en rapportait l'origine à la présence, au milieu des débris glaciaires, de masses de glace dont la fonte ensuite avait donné naissance aux dépressions. Il en fait néanmoins la plus élevée de ses trois divisions du drift, et figure l'argile rouge adjacente comme un dépôt lacustre qui s'étend au-dessous. Quelque temps après, le Dr E. Andrews décrivit à son tour le *Kettle Range* du Wisconsin oriental, en y réunissant quelques dépôts sableux, comme une enceinte large de 20 milles, longue de 200 milles, et passant sous le *boulder clay* de l'Illinois. Il la croyait due à l'irruption violente d'un vaste courant d'eau venant du Nord.

Ces notions, quoique incomplètes, indiquent l'état de nos connaissances relatives à cette formation au commencement de 1873.

Pendant mes propres recherches, et en partie même avant elles, le savant Comité géologique de l'Ohio, ainsi que la Commission du Wisconsin, étudièrent une portion de la chaîne et arrivèrent à des conclusions assez variées sur son origine. Fallait-il y voir une moraine, ou devait-on l'attribuer à l'action de

la glace de fond et aux infiltrations des eaux du grand lac sur le versant duquel sont situées ces collines [1]?

En 1873, le Dr Lapham, alors chef de la Commission géologique du Wisconsin, en me donnant des instructions pour l'exploration de la partie orientale de l'État, appela mon attention sur le « *Potash Kettle Range* » qu'il était disposé à regarder comme marquant probablement une ancienne ligne de rivage. Les faits que je pus observer dès cette année me parurent absolument contredire cette manière de voir et la théorie des courants, et indiquer au contraire une origine morainique. Un fait important à cet égard fut constaté : c'est la *bifurcation* de la chaîne environ à 20 milles nord de la frontière de l'État.

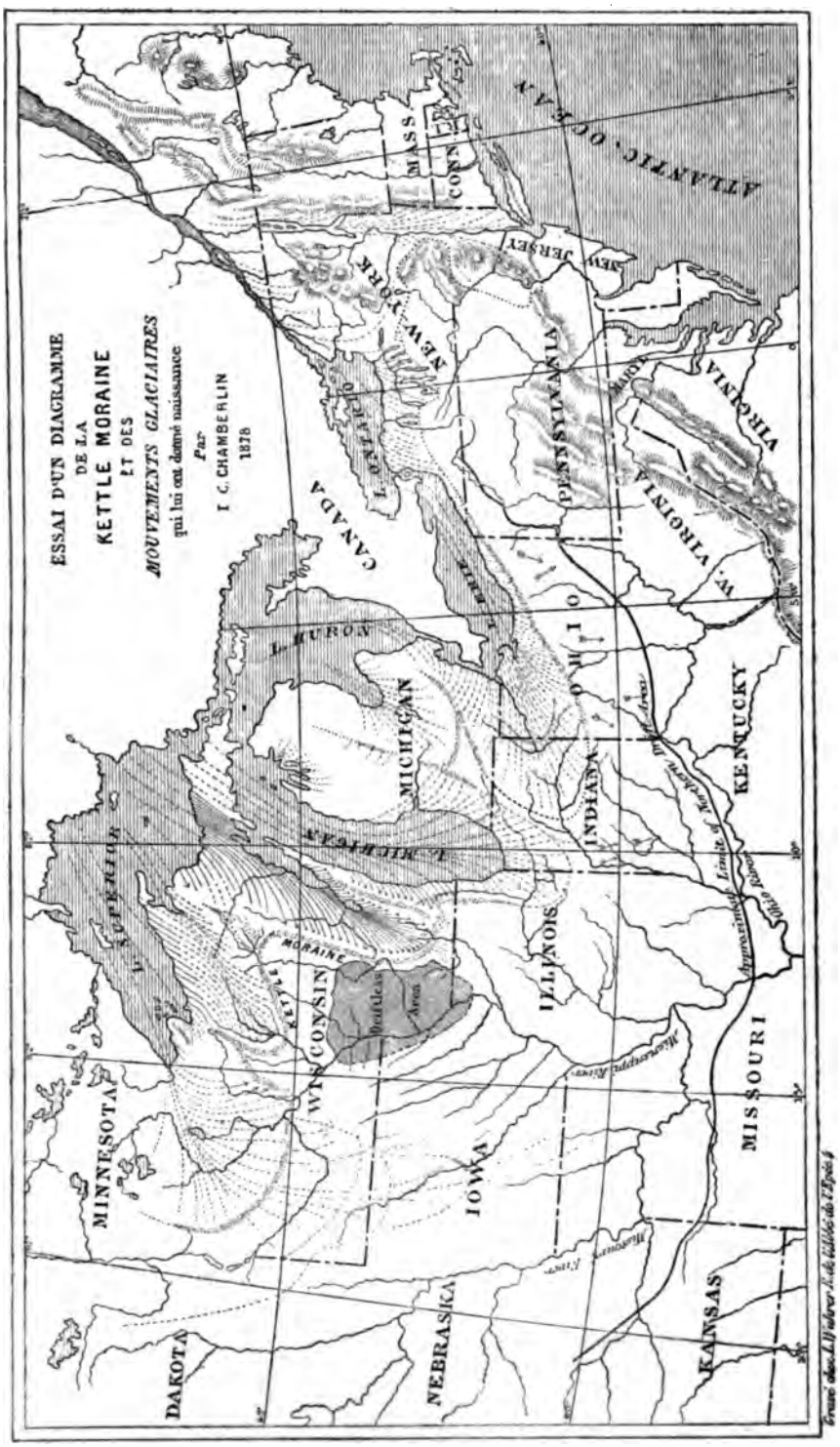
L'année suivante, des recherches plus précises confirmèrent les premières observations. En février 1876, à l'assemblée de l'Académie des sciences, arts et lettres du Wisconsin, je présentai mes résultats complets, appuyés de cartes et de plans. Mes récents rapports sur la géologie du Wisconsin oriental n'en ont point altéré les points essentiels, c'est-à-dire : la détermination des mouvements généraux du drift, l'origine morainique du Kettle Range, formé par les actions réunies des glaciers qui occupaient le lac Michigan et la Green-Bay, enfin l'existence d'une moraine semblable, longeant à l'Ouest ce dernier glacier au moins en partie et sans doute dans toute son étendue. La position approximative de cette moraine était indiquée. L'exactitude de ces observations a depuis été vérifiée par le professeur Irving, de la Commission du Wisconsin, qui, sur mes indications, a suivi l'extension de la moraine vers le Nord, sans pouvoir toutefois en fixer très exactement la position.

La portée de ces observations pour expliquer l'absence du drift sur une vaste surface dans le Wisconsin, le Minnesota, l'Iowa et l'Illinois, fut bientôt reconnue, et on put clairement prévoir qu'on était sur la voie d'une solution démonstrative de ce problème. En novembre 1875, je communiquai à mes collègues de la Commission géographique ma conviction que le phénomène est dû à une dérivation des glaciers par les vallées du lac Michigan et de la Green-Bay d'une part, et par celle du lac Supérieur de l'autre. Cette considération est tout à fait d'accord avec celles qu'ont publiées récemment dans leurs rapports le professeur N.-H. Winchell pour le Minnesota, et le professeur H.-D. Irving pour le Wisconsin.

Dans mon récent rapport sur la géologie du Wisconsin oriental, distribué en novembre dernier, on trouvera un résumé des faits relatifs au Kettle Range du Wisconsin et aux dépôts de drift qui y sont associés. Mais ce ne pouvait être là qu'un chapitre de géologie locale. Lors de la session de l'Académie des sciences, lettres et arts du Wisconsin, en décembre dernier, j'ai plus largement exposé, après de nouvelles vérifications, l'importance géographique et la signification historique du Kettle Range.

On nous pardonnera cette esquisse, qui a surtout pour but de montrer que nos considérations théoriques ont toujours été suggérées ou confirmées par de rigoureuses investigations, poursuivies pendant cinq années. Cela dit, abordons l'étude de la formation.

[1] Voir les rapports de Newberry, Gilbert, Winchell et Klippart. (*Description géologique de l'Ohio.*)


ESSAI D'UN DIAGRAMME
DE LA
KETTLE MORAINE
ET DES
MOUVEMENTS GLACIAIRES
qui lui ont donné naissance
Par
I. C. CHAMBERLIN
1878
ATLANTIC OCEAN
MASS.
CONN.
NEW JERSEY
NEW YORK
PENNSYLVANIA
VIRGINIA
W. VIRGINIA
CANADA
L. ONTARIO
L. HURON
L. MICHIGAN
L. SUPERIOR
MICHIGAN
OHIO
INDIANA
KENTUCKY
ILLINOIS
WISCONSIN
MINNESOTA
IOWA
MISSOURI
KANSAS
NEBRASKA
DAKOTA
KETTLE MORAINE
Driftless Area
Mississippi River
Missouri River
Ohio River

Traits généraux de la formation. — L'aspect extérieur est celui d'une série compliquée et irrégulière d'arêtes et de collines de *drift*, dont les contours sont parfois rapides, mais en général gracieusement ondulés. Ici, des dômes arrondis, des pics coniques, des arêtes infléchies et quelquefois repliées; là, des éperons courts et aigus, des pointes et des mamelons disposés pêle-mêle, et accompagnés de dépressions qui ont même un caractère encore plus frappant. Ces dépressions, qui constituent à première vue le trait le plus remarquable de la chaîne, et lui ont valu sa dénomination dans le Wisconsin, sont connues sous les appellations diverses de *Potash Kettles*, *Pot Holes*, *Pots and Kettles*, *Sinks*..... [1]. Celles qui ont le plus attiré l'attention sont circulaires de contour et symétriques de formes, assez semblables aux ustensiles domestiques dont on leur a donné les noms. Mais il est important d'observer que la plupart de ces dépressions ne sont pas assez régulières pour justifier ces comparaisons. Parfois elles se rapprochent de la forme d'un entonnoir ou d'une cloche renversée; les unes ressemblent à un simple fond de saucière; d'autres sont grossièrement ovales, oblongues, elliptiques, s'étendent en manière d'auges, ou même se contournent tellement que les formes irrégulières sont encore les plus communes. La profondeur varie depuis la simple inflexion de la surface jusqu'à une valeur de 60 pieds ou davantage, et même, dans les formes irrégulières, elle dépasse souvent 100 pieds. Les pentes sont très variables; mais si la profondeur est considérable, l'angle avec l'horizon atteint 30 à 34°; en d'autres termes, l'inclinaison est aussi escarpée que les matériaux le permettent. Quant aux dimensions horizontales, les dépressions auxquelles s'applique le nom populaire de chaudrons excèdent rarement 500 pieds de diamètre; mais si l'on ne tient compte que de la structure, on ne peut les limiter à cette dimension, et il est difficile de leur assigner des proportions bien définies. Une des particularités remarquables, c'est le grand nombre de petits lacs, sans affluents ni déversoirs. Quelques-uns sont de véritables étangs, sur le fond des Kettles, et depuis ce type ils s'élèvent graduellement jusqu'à des lacs de 2 ou 3 milles de diamètre. Ce sont simplement des Kettles largement développés.

Après les dépressions elles-mêmes, le trait le plus frappant de cette étrange formation est la contre-partie que présentent, dans leurs formes, les sommets arrondis et les éminences qu'il n'est pas impropre d'appeler chaudières renversées. Ils donnent à la surface une irrégularité désignée parfois assez justement par le nom de «bosses de *drift*». Les allongements et les contournements des cavités ont leurs corrélatifs dans la ligne infléchie des sommets. L'effet combiné de ces élévations et de ces dépressions est de donner à l'ensemble un aspect tout à fait caractéristique.

Ces traits doivent néanmoins être regardés comme des éléments subordonnés de la chaîne principale, puisque bosses et creux sont diversement répartis sur sa surface. Ils sont ordinairement plus abondants sur le versant abrupt; mais on les rencontre, en plus ou moins grand nombre, de tous côtés et dans toutes les situations. Il n'est pas rare de les rencontrer sur les surfaces comparativement planes, attenantes à la chaîne. Quelquefois, les Kettles pré-

[1] *Kettle*, marmite, chaudron; *hole*, trou; *sink*, égout.

dominent dans les vallées, tandis que les sommets voisins n'en présentent point; tantôt c'est le cas contraire, tantôt enfin ils sont répartis des deux parts. Ces faits sont importants, au point de vue de l'origine.

La chaîne elle-même est de caractère complexe, formée d'une série de crêtes grossièrement parallèles, qui s'unissent, s'entremêlent, se séparent, apparaissent et disparaissent dans un désordre capricieux. Plusieurs de ces arêtes secondaires sont souvent clairement perceptibles. C'est entre les crêtes et dans les dépressions causées par leurs divergences que se trouvent la plupart des grands lacs associés à la chaîne. Il n'est pas rare que des rides recoupent la direction de la chaîne, ou que des contreforts s'étendent en travers. Les arêtes secondaires sont elles-mêmes excessivement variables en hauteur comme en largeur, et offrent de fréquentes ruptures. Aussi la formation a-t-elle un caractère frappant d'irrégularité et de complication.

Cette topographie particulière se trouve néanmoins reproduite, comme en miniature, par certaines moraines terminales des glaciers alpins. La plupart des glaciers suisses prennent fin, à présent, dans d'étroites vallées aux pentes très raides, et alignent leurs débris en forme de crêtes latérales ou les épanchent comme les dépôts d'un torrent. Quelques-uns cependant, dans leur récente extension, descendaient dans des vallées comparativement ouvertes, à versants modérés, et ont laissé des moraines terminales, *formées aux dépens des moraines de fond des glaciers*, et seulement un peu masquées par les matériaux des moraines médianes et latérales, qui n'ont guère d'équivalent dans les dépôts quaternaires.

Le glacier du Rhône a laissé trois moraines de ce genre, séparées par des intervalles de faible étendue, et qui rappellent, d'une manière frappante, malgré leurs dimensions réduites, la topographie du Kettle Range. Les deux extérieures ont été modifiées par l'action des éléments, et sont couvertes d'herbes ou d'arbrisseaux, tandis que celle de l'intérieur reste encore largement à nu. Comme elles ont été découpées par les courants, on y saisit, sur le fait, l'action glaciaire. La troisième offre une graduation intéressante dans la vaste moraine de fond, qui la sépare du glacier en retraite. Cet intervalle n'a pas été balayé par les eaux et présente, dans l'aspect différent de sa surface, un exemple de la topographie du *till*.

Les deux glaciers de Grindelwald ont laissé des moraines semblables; celles du glacier supérieur sont les plus considérables, les plus enchevêtrées, et présentent la plus parfaite analogie avec le Kettle Range. Le glacier des Bois, partie terminale de la Mer de glace, l'Argentière, et quoique moins nettement, le Findelen et d'autres encore, ont développé, autant que leur situation l'a permis, des moraines analogues, et montrent que telle est l'allure ordinaire des dépôts dans ces conditions. Nous ne parlons ici que du dépôt terminal de la moraine de fond, et nous éliminons, autant qu'il est possible de le faire, tous les matériaux qui se sont accumulés sur la surface du glacier.

Matériaux de la formation. — L'étude des matériaux qui constituent la formation est d'une extrême importance pour en déterminer l'origine. Elle se divise naturellement en trois termes qui, chacun, appellent séparément l'atten-

tion : 1° la *forme* des éléments constituants; 2° leur *arrangement* dans le dépôt; 3° enfin leur *provenance.*

1° Forme des éléments. — Partant de ce que les Kames et les dépôts qui leur ont été rattachés dans l'exposé précédent, sont composés surtout de sable et de gravier, on doit remarquer que les quatre éléments ordinaires du *drift*, savoir : l'argile, le sable, le gravier et les blocs, entrent largement dans la constitution du Kettle Range. Le gravier est le plus visible des éléments *exposés à l'observation.* Cette qualification a son importance pour la conception exacte de la structure réelle de l'ensemble.

Il faut noter que sur beaucoup de points, on distingue deux formations. La plus supérieure, *mais qui n'occupe pas les sommets de la chaîne*, est presque entièrement constituée de sables ou de graviers, et recouvre, comme un manteau irrégulièrement ondulé, le véritable dépôt originaire. Cette formation superficielle est spéciale aux pentes, aux flancs et aux surfaces déprimées, comprises entre les crêtes de la chaîne; mais quand celle-ci tout entière s'abaisse, le dépôt sableux acquiert parfois assez d'extension pour la cacher presque complètement. Toutefois, partout où la chaîne est bien développée, le dépôt est trop limité et trop découpé pour donner lieu à quelque méprise, et, sur certains points où il est plus largement répandu, des excavations en montrent nettement les relations avec les accumulations sous-jacentes. Dans ces conditions, la partie inférieure présente une surface plus inégale, dont la formation supérieure a eu pour effet de masquer les contours irréguliers. Néanmoins les sables, les graviers supérieurs sont souvent ondulés ou même fortement accidentés, et les fonds et les bassins s'y montrent ordinairement plus symétriques qu'ailleurs. Une disposition assez commune est celle d'une bordure ondulée sur les pentes d'une arête de la formation principale, à partir de laquelle s'étend une nappe de sables ou une plaine de gravier.

Outre ce dépôt évidemment secondaire, le gravier constitue encore une large part de la formation. Plusieurs des crêtes et des sommets peu élevés sont presque entièrement composés de sable et de gravier, dont les éléments sont ordinairement de dimension très irrégulière et renferment souvent de nombreux blocs. Néanmoins le *corps principal de la chaîne*, ainsi qu'on peut le voir par les excavations plus profondes et par les sommets que n'ont point masqués les modifications superficielles, *consiste en une masse confuse d'argile, de sable, de gravier et de blocs, du type le plus caractérisé.* Les matériaux sont finement gradués depuis les blocs qui ont plusieurs pieds de diamètre, jusqu'aux poussières les plus ténues. Les erratiques présentent tous les degrés d'usure, les uns à peine émoussés, les autres tout à fait arrondis. Les galets sont sphériques plutôt qu'aplatis, comme le sont d'ordinaire les galets marins, pour lesquels l'usure se produit par le glissement bien plus que par le roulement.

2° Arrangement des éléments. — Le centre de la chaîne est essentiellement dépourvu de stratification. Il contient cependant beaucoup de matériaux stratifiés, qui lui sont intimement liés et dont une partie, si mes observations sont justes, s'est formée en même temps que les portions non stratifiées, tandis que

le reste est dû à des modifications subséquentes. Les sables et les graviers supérieurs, assez localisés, dont nous avons déjà parlé, sont manifestement en couches, inclinées plutôt qu'horizontales, et dont les lits sont fréquemment discordants, ondulés et irréguliers.

3° Provenance des matériaux. — Cette question, aussi loin qu'on puisse considérer la chaîne du Wisconsin, admet une réponse décisive. L'énorme amas de roches fragmentées en rend l'identification facile, et le degré d'usure qu'elles ont subi indique approximativement la distance relative qu'elles ont parcourue. Parmi les nombreux détails recueillis, citons seulement ici un exemple. La Green-Bay est bornée de tous côtés, excepté au Nord, par plusieurs pointements isolés de quartzites, de porphyre et de granit qui ont percé les calcaires et les grès de la région. Ils fournissent leur apport de matériaux à la chaîne, *mais seulement pour une section limitée et qui est invariablement dans la direction des stries glaciaires.* Un segment donné de la chaîne présente une notable proportion d'éléments empruntés à la formation la plus voisine dans la direction des stries, et une proportion moindre, en général, de ceux fournis par les formations qui se succèdent au delà en arrière, jusqu'à 300 milles et plus, le long de la ligne de mouvement glaciaire. Il est indéniable que l'*agent qui a produit la chaîne en a réuni les matériaux tout au long de son cours, jusqu'à 300 milles au moins vers le Nord, et que la plus grande proportion en était prise au voisinage immédiat du dépôt.* Aussi, en suivant tout le cours de la chaîne, on trouve que la nature de ses éléments varie, au point de vue lithologique et physique, selon les formations dont elle est dérivée.

Ces faits ont leurs analogues dans les moraines de Suisse. Le bord de la grande moraine que les anciens glaciers ont étendue sur les flancs du Jura renferme en abondance des blocs arrachés aux calcaires du voisinage. Au contraire, la proportion des éléments fournis par les roches plus éloignées des Alpes est tout à fait subordonnée. Parmi les moraines plus récemment formées, celles de la Mer de glace, de Viesch, du Rhône, d'Aar et d'autres glaciers qui passent sur des roches granitiques, consistent surtout en sable, en gravier ou en blocs, et l'argile y est rare, tandis que les glaciers de la région de Zermatt qui traversent surtout des roches schisteuses, et ceux du Grindelwald qui, dans la partie basse de leur cours, s'étalent sur des calcaires, donnent surtout naissance à une boue argileuse. Ces moraines, diminutifs de notre Kettle Range, sont, en majeure partie, composées de débris mélangés sans stratification, mais elles contiennent des exemples de matériaux triés et stratifiés. La moraine intérieure du haut glacier du Grindelwald présente beaucoup de fins graviers et de sables grossiers, qui forment de curieux amas en pics et en aiguilles dans des positions variées, sur le sommet et sur les côtés de la moraine.

Relations avec le transport du drift. — Le sens du mouvement du *drift* peut être déterminé : 1° par le striage de la surface rocheuse; 2° par la direction dans laquelle les débris ont été transportés; 3° par l'usure des roches en saillie; 4° par l'alignement des dômes allongés de roches polies; 5° enfin, quoique moins nettement, par l'arrangement des matériaux déposés et le relief

général. Tous ces caractères ont été reconnus dans la partie de la chaîne qui a été bien explorée; leurs témoignages isolés se fortifient par leur complet accord. Un trait exceptionnellement favorable pour une détermination exacte résulte des saillies de roches azoïques auxquelles il a été fait allusion; à partir de là s'étendent au loin des traînées d'erratiques, en lignes bien définies, continues avec le système de stries des roches d'origine, et parallèles à celui de la région. L'accord de toutes les observations dans l'est du Wisconsin atteste les mouvements qui peuvent être considérés comme un exemple remarquable et que nous indiquons ici parce qu'ils ont été déterminés avec le plus grand soin. Entre le lac Michigan et le Kettle Range, qui le côtoie, la direction gravissait obliquement le versant au Sud-Ouest vers le Range. Sur le côté opposé, entre la vallée de la Green-Bay et le Range, le courant, après avoir franchi les falaises qui bordent la vallée, descendait la pente au Sud-Est vers le Range. A travers la Green-Bay, le courant de glace suivait la vallée vers son déversoir et descendait ensuite en divergeant sur la plaine du Rock-River. Entre la vallée de la Green-Bay et le Kettle Range, la direction montait la pente vers l'Ouest ou le Sud-Ouest, suivant sa position. Ces mouvements, imparfaitement indiqués sur la carte, démontrent une divergence remarquable depuis le canal principal jusqu'au bord de la surface striée, marquée par le Kettle Range.

Un grand nombre des données relatives à ces phénomènes en dehors du Wisconsin ont été tirées des publications sur la géologie de l'Ohio, de l'Indiana, du Michigan, de l'Illinois, de l'Iowa et du Minnesota. J'en suis redevable à leurs auteurs, mais il ne doit leur incomber aucune responsabilité pour l'essai spécial que je tente ici et qui, dans ses détails, doit être rigoureusement vérifié. Les grands traits de ces mouvements, qui peuvent être admis en toute confiance, sont des plus frappants et sont tout particulièrement en rapport avec les bassins de la région des lacs. Les trois principaux courants traversaient le lac Supérieur, le lac Michigan et le couple des lacs Érié et Ontario, tandis qu'entre eux s'en trouvaient trois autres moins importants, dans les bassins de la baie Saginaw, de la Green-Bay et de la baie Keweenaw.

La divergence des stries, à partir des canaux principaux vers le Range, était un résultat inattendu, que de nombreuses observations mirent en évidence. Mais l'étude attentive des allures d'un glacier explique ce fait et le montre même comme nécessaire; on en connaît d'ailleurs des exemples parmi les glaciers actuels.

Rapports topographiques et distribution. — Pour mieux saisir les rapports topographiques de la formation, il nous faut d'abord porter notre attention sur son extension géographique. Si nous partons de l'extrémité nord de la longue chaîne appelée Potash Kettle Range dans le Wisconsin, nous nous trouvons encore à mi-chemin, entre l'extrémité sud de la Green-Bay et le lac Michigan, et sur une pente rocheuse inclinant à l'Est. La base du Range est ici à moins de 200 pieds au-dessus du lac. De ce point, il s'étend au Sud-Sud-Ouest, montant la pente rocheuse jusqu'à en suivre directement la crête. A 20 milles environ au nord de la frontière de l'Illinois, le Range se *bifurque;* une partie

court au Sud dans cet État; l'autre, que nous suivrons, incline à l'Ouest et traverse la vallée du Rock-River, dont le fond est au moins à 300 pieds plus bas que les collines sur lesquelles s'étend le Range à l'Est. Après avoir coupé le Rock-River, le Range s'infléchit graduellement au Nord, franchit le faîte entre cette rivière et le Wisconsin-River, rencontre le grand coude de ce dernier cours d'eau en coupant directement les chaînes de quartzites d'après le professeur Irving [1], *avec une ondulation verticale de plus de 700 pieds*. Ensuite il s'élève pour franchir la ligne de partage des eaux entre les bassins du Mississipi et du Saint-Laurent, jusqu'à ce que sa base atteigne une altitude de 700 à 800 pieds au-dessus du lac Michigan. Le Range traverse les sources du Wisconsin-River, à 50 milles environ en dedans de la frontière de l'État, puis descend obliquement les pentes orientales de la vallée de Chippewa, et, après l'avoir traversée, tourne brusquement au Nord en étendant son bord occidental jusqu'au versant du lac Supérieur. Revenant le long de cette ligne, nous le voyons se diviser au nord du comté de Barron. La ligne occidentale court au Sud-Ouest vers le lac Sainte-Croix, sur la frontière de l'État, et passe dans le Minnesota. Là, le professeur N.-H. Winchell, géologue officiel, m'informe qu'il existe sur le faîte, entre le Mississipi et le Minnesota, une ligne de drift qu'il regarde comme une moraine. D'après les observations faites dans la partie orientale de l'État, je me crois autorisé à y voir le prolongement du Kettle Range, comme cela est indiqué sur la carte ci-jointe. Il y a néanmoins une autre ligne analogue, mais beaucoup moins définie et moins continue, qui s'étend au Sud à partir des environs de Saint-Paul, dans l'Iowa; elle embrasse les lignes qui ont été décrites par le Dr C.-A. White [2] comme des moraines, mais qui exigent encore des études ultérieures. Il est permis de penser que cette ligne se recourbe au nord du centre de l'Iowa et s'allonge au Nord-Ouest pour se raccorder avec le Coteau de Prairie, du Dakota. On ignore, quant à présent, jusqu'où peuvent s'étendre au Nord-Ouest l'une ou l'autre de ces directions.

Revenant à la bifurcation dans le Sud-Est du Wisconsin, nous remarquons qu'après l'inflexion vers la frontière de l'État, le Range court au Sud dans l'Illinois, s'élargit bientôt, s'étale peu à peu sur les plaines et s'efface en contournant le lac Michigan jusqu'à disparaître presque entièrement. Mais au Nord, sur la rive orientale du lac dans l'État de Michigan, nous le retrouvons de nouveau avec ses caractères très nets. Le Range se divise bientôt en deux branches : l'une dirigée au Nord entre le lac Michigan et la vallée de Saginaw, l'autre au Nord-Est entre cette dernière dépression et le bassin de l'Érié. J'ai relevé un nombre de points suffisant pour justifier le tracé de la carte ci-jointe, excepté pour la partie située au Nord-Ouest de Saginaw, qui est encore hypothétique. La formation s'élargit dans le sud de l'État, et naturellement alors ses pentes sont moins abruptes que dans les parties plus étroites.

Dans leurs savants rapports géologiques sur l'Ohio, le Dr Newberry et

[1] Pour la distribution spéciale de cette portion de la chaîne, voir le traité du professeur Irving, *Géologie du Wisconsin*, vol. II, 1877.

[2] *Géologie de l'Iowa*, 1870, p. 99.

MM. Gilbert, Winchell et Klippart décrivent une ligne de collines de drift qui rappellent celles que nous étudions. Elles occupent approximativement le faîte entre l'Ohio et le lac Érié, et, après avoir traversé l'État, s'étendent à l'Ouest dans l'Indiana. L'extrémité occidentale de cette ligne vient presque toucher celle que nous avons déjà décrite. Elles ne sont séparées que par la vallée de Wabash, ancien déversoir du lac, et même, si mes vues sont exactes, débouché plus ancien encore du glacier de l'Érié. Il n'est pas présumable que la moraine puisse avoir résisté aux modifications, aux érosions et aux transports qui ont marqué l'histoire de cette vallée, d'après les géologues de l'Ohio et de l'Indiana. Mais il est probable qu'une étude attentive du terrain en révèlera aux géologues de l'Indiana quelques traces sur les versants élevés de la vallée. Malgré le caractère négatif de ces observations, leur ensemble laisse peu de doute sur les rapports d'origine entre les formations étudiées dans l'Ohio et le Wisconsin. Quant à l'est de l'Ohio, je n'ai que des renseignements partiels. Les rapports de l'État de New-York signalent une chaîne analogue le long de la partie méridionale de Long-Island. Le dernier rapport annuel du New-Jersey, par le professeur Cook, donne une description minutieuse du prolongement de cette chaîne à travers le New-Jersey et la considère comme une moraine terminale. Il reste à établir ses rapports avec les formations de l'Ouest.

Résumé. — Rapprochons, pour les résumer, les traits caractéristiques de cette remarquable formation : 1° son étendue linéaire est très grande, quelles que soient les limites qu'on lui assignera; 2° sa largeur est de 1 à 30 milles; 3° sa hauteur moyenne, difficilement appréciable, peut être évaluée de 200 à 300 pieds; 4° sa configuration superficielle, très irrégulière, dénote une origine spéciale; 5° la chaîne est complexe, et ses crêtes présentent souvent un grossier parallélisme; 6° les parties superficielles ou latérales du dépôt diffèrent en général des couches inférieures ou centrales; les unes sont composées surtout de sable et de gravier, les autres de débris confusément mélangés; 7° les sables et graviers de la surface sont ordinairement stratifiés sous des aspects variés, mais le noyau du Range est essentiellement dépourvu de stratification; 8° les irrégularités de la chaîne sont plus visibles aux endroits où les sables et graviers sont en moindre abondance; 9° les matériaux proviennent en partie du voisinage de la chaîne, et en partie des formations échelonnées en arrière sur la ligne du mouvement glaciaire, au moins sur une longueur de 300 milles; 10° parmi les éléments, les uns sont arrondis, d'autres sont striés et polis, quelques autres enfin à peine usés, quoique tendres et friables; ces derniers sont ordinairement détachés de formations voisines; 11° la chaîne est tortueuse dans son cours, mais toujours en relation visible avec le bassin des grands lacs; 12° elle s'élève ou s'abaisse sur la surface de la contrée, variant de 800 pieds au moins dans ses oscillations verticales; 13° elle ne présente aucun rapport avec le système actuel des eaux, ou avec ce qu'il a pu être avant l'époque glaciaire; tantôt elle occupe les faîtes de partage, tantôt elle court sur les versants, tantôt enfin elle s'étend à travers les vallées; 14° elle recoupe dans son cours toutes les formations, depuis le terrain laurentien jusqu'au carbonifère, mais sans offrir avec elles aucune relation; 15° elle est, au contraire, étroite-

ment liée aux directions du mouvement glaciaire; 16° le revers méridional ou externe est fréquemment flanqué de surfaces planes de sable ou de gravier plus ou moins étendues; il s'en rencontre aussi entre les crêtes de la chaîne ou sur le revers intérieur, mais plus rarement; 17° la région adjacente à l'intérieur ou au nord de la chaîne diffère en général du côté extérieur par un régime des eaux moins parfait et par des modifications superficielles moins reconnaissables.

Renonçant, quant à présent, à pousser plus loin la généralisation, nous pensons que l'ensemble des phénomènes précédents indique, sans équivoque possible, leur origine morainique. Pour nous, la chaîne est une moraine formée au bord d'un groupe de glaciers, — qu'on peut considérer comme une seule agglomération, — et marque une période définie de leur histoire.

La carte ci-jointe montre mieux qu'une description les limites et les mouvements de ces glaciers. Les grands lacs formaient autant de larges canaux par lesquels passaient les principaux courants de glace, tandis que des courants moindres traversaient des passages plus étroits.

Ces observations sont importantes pour l'opinion du Dr Newberry et d'autres géologues sur l'origine glaciaire des grands lacs.

Il est à peine nécessaire d'établir que cette moraine ne marque pas la limite extrême que le glacier a atteinte vers le Sud; car au delà se rencontrent encore de nombreuses stries et d'autres traces glaciaires. Une ligne tracée sur la carte dessine la limite approximative du drift, principalement d'après les recherches des Drs Newberry et Lesley. Je ne pense pas qu'on puisse encore définitivement affirmer à quel point elle représente la limite de l'action glaciaire distinguée des autres modes de transport; mais le fait de l'extension à une distance considérable au delà du Kettle Range est suffisamment établi. La moraine a donc été formée *après le commencement du retrait des glaciers, et elle marque une certaine période dans leur histoire subséquente.*

Il devient intéressant de s'assurer si les mouvements glaciaires furent les mêmes avant et après la formation de la moraine. Heureusement, nous avons dans le Wisconsin méridional des indices très nets à cet égard. Dans les villes de Portland et de Waterloo, situées sur le parcours du glacier de la Green-Bay et distantes de 25 à 30 milles de la moraine, on voit plusieurs dômes de quartzite s'élever au milieu des sables et des calcaires. Ces dômes sont usés et striés dans la direction S. 30° O., et des alignements de blocs quartzeux s'étendent dans cette direction jusqu'à la moraine, se mêlent avec elle et s'avancent à une égale distance au delà. En même temps, d'abondantes preuves, fournies par la constitution du dépôt, par son contour, par ses stries, et récemment observées par M. I.-M. Buell, établissent que le mouvement vers l'occident du glacier du lac Michigan, près de la frontière de l'Illinois, dépassait à l'Ouest le Rock-River et que la ligne de jonction des deux glaciers se trouvait sur le côté ouest de ce courant. Il semble donc que, dans cette région, les mouvements se sont produits dans la même direction générale, avant et après la formation de la moraine. Mais il y a eu des changements dans les détails : les dimensions et la situation relative des glaciers ont été quelque peu différentes, celui de la Green-Bay étant relativement moindre à une époque

plus ancienne. Des témoignages analogues, quoique moins nets, se trouveraient dans les rapports relatifs aux autres États.

Comment la moraine a-t-elle donc été formée? Un arrêt dans la retraite des glaciers, en maintenant leurs fronts stationnaires pendant une certaine période, occasionnerait sans aucun doute une accumulation inusitée de matériaux, mais n'expliquerait point les variations de largeur et les irrégularités de la moraine. La structure du dépôt semble indiquer des alternatives de retraite et d'avancement de la masse de glace. Pendant les unes, les débris furent abandonnés au pied de la masse fondante, et pendant les autres, le glacier en progressant les a charriés pour les disposer en immenses cordons.

Ces alternances plusieurs fois répétées ont donné des cordons parallèles, et les irrégularités de leur intermittence expliquent la complexité de la chaîne.

Suivant que l'avancement se reproduisait avec une égale ou une moindre amplitude, les matériaux s'accumulaient en une seule masse ou formaient des rangées successives, laissant entre elles des dépressions variables de forme et de profondeur.

Là où des glaces ont été poussées à travers les débris entassés, le contour est irrégulièrement brisé. Si des masses de glace ont été mélangées au drift, comme on l'a supposé, leur fonte devait faire naître ces dépressions en forme de marmites ou de chaudières qui caractérisent la chaîne. L'irrégularité dans l'avancement des glaciers rend compte d'autres accidents, ainsi que de la variété des collines, des pics, etc. Quelques-unes des chaudières doivent être attribuées à l'affouillement produit par des courants souterrains, qui parfois viennent sourdre au pied des pentes comme des ruisseaux.

Les moraines des Alpes peuvent être regardées comme des exemples en miniature de la succession de phénomènes qui a donné naissance au Kettle Range.

Mais, outre la structure de la chaîne, le changement dans la position relative des glaciers de la Green-Bay et du lac Michigan apporte une preuve de nature très intéressante. La jonction entre les deux glaciers pendant la dernière période, avant la formation du Kettle Range, avait lieu à 25 milles plus à l'Ouest qu'à l'époque de la dernière formation; en d'autres termes, la ligne de jonction a été brusquement rejetée vers l'Est. Enfin, la largeur du glacieantémorainique, évaluée juste au sud du Kettle Range, n'est que de la moitié de celle du glacier postmorainique mesuré au Nord à la distance strictement nécessaire pour éviter la courbe terminale. L'étude du contour du glacier de la Green-Bay démontre que le changement vers l'Orient de la jonction des deux glaciers n'est pas dû à leur commun mouvement dans cette direction, non plus qu'à un accroissement du glacier de la Green-Bay, venant simplement envahir celui du lac Michigan, car le bord opposé du premier côtoie directement la région sans drift, ce qui prouve qu'il n'y a eu là aucun déplacement vers l'Est. L'inflexion des contours de la région dépourvue de drift fait supposer même un envahissement actuel de ce côté.

La disposition des *fiords* de la péninsule de la Green-Bay est en harmonie avec ces phénomènes et montre que les courants de glace se déversaient sur le bassin du lac Michigan. L'ensemble de ces faits tend à confirmer la pensée que

les deux glaciers se sont retirés assez loin vers le Nord et à l'intérieur de leurs bassins respectifs pour permettre des changements dans la dimension relative et dans la situation des courants de glace. Puis, sous des conditions légèrement modifiées, qui ont favorisé le glacier de la Green-Bay, ils ont avancé jusqu'à la position du Kettle Range pour se retirer ensuite d'une manière permanente après une série d'oscillations. Cette manière de voir semble aussi exigée par certains détails dans la distribution des matériaux glaciaires qui autrement resteraient inexpliqués, mais dont la discussion dépasserait les limites de ce travail.

Les conclusions précédentes à l'égard du caractère et de l'origine du Kettle Range apportent, si elles sont vraies, un important document pour l'histoire des dépôts quaternaires. La moraine *établit une date définie* vers le milieu de l'époque glaciaire et devient un point de repère pour les formations adjacentes. Il est manifeste que la véritable *boulder-clay*, ou moraine de fond, au sud du Range, a dû se former antérieurement à celle du Nord, et que les deux termes ne sont nullement synchroniques. Dans les formations sédimentaires, le synchronisme existe entre des lits horizontaux; mais ici, il faut le chercher dans les alignements concentriques avec les bords du glacier. Ce fait trouve sa confirmation dans la démarcation introduite par le singulier plissement de la nappe glaciaire. Il est difficile d'apprécier la valeur d'un pareil terme de comparaison au milieu de formations si complexes; mais des indices analogues, marquant d'autres périodes, seraient d'un grand secours pour débrouiller l'écheveau si confus de l'histoire quaternaire.

Comme il n'est pas nécessaire que toutes les formations qui recouvrent la véritable argile glaciaire au sud du Kettle Range, soient plus anciennes que celles qui sont en rapport analogue avec le till plus récent au Nord, il est clair que la parité stratigraphique n'est pas un motif suffisant pour établir l'équivalence chronologique. Il est évident que tous les efforts pour fixer la corrélation entre les dépôts superficiels sur les deux versants de la moraine ne doivent être tentés qu'avec une extrême circonspection.

Cette réserve s'applique spécialement à la discussion des dépôts végétaux si fréquents dans les dernières formations quaternaires. Beaucoup d'auteurs, dans l'état actuel de nos connaissances, ont très naturellement réuni les dépôts variés de cette sorte que renferme le bassin du Mississipi, sans égard aux distinctions nécessaires dont nous avons parlé. Il en est résulté que des couches d'âge différent ont été rapportées à un même horizon. Un examen général de ces dépôts n'a pas avec notre sujet une parenté assez étroite pour qu'il soit à propos de lui donner une place ici. Mais il convient d'indiquer ce fait que quelques couches de végétaux sont tellement liées avec le Kettle Range qu'il faut les séparer absolument des autres dépôts pour la date de leur accumulation et de leur enfouissement. Quelques-uns de ces amas organiques gisent immédiatement au pied de la moraine, au-dessous des dépôts fluviaux ou lacustres qui ont commencé à se former pendant l'accumulation des matériaux et l'action des courants glaciaires. D'autres dépôts végétaux ont pris naissance beaucoup plus tard, par exemple ceux des argiles rouges du Wisconsin, qui proviennent des grands lacs et sont postérieurs au retrait des glaces. Ce serait trop que de con-

sidérer tous les restes de plantes trouvées au sud de la moraine comme antérieurs à sa formation, mais on peut sûrement affirmer qu'à part de rares exceptions, tous ceux du Nord sont plus récents.

Il y a surtout au sud-ouest du Wisconsin, mais aussi dans le Minnesota, l'Iowa et l'Illinois, une remarquable surface que n'ont jamais balayée les actions de transport et pour laquelle jusqu'à ces derniers temps on n'avait proposé aucune explication satisfaisante [1]. Ses limites approximatives sont figurées sur la carte ci-jointe. La délimitation des glaciers ainsi que les déterminations de leurs mouvements viennent éclairer ce sujet d'une manière peut-être décisive. La surface a été manifestement protégée par la divergence des glaciers venus l'un par le chenal du lac Supérieur, l'autre à travers la Green-Bay et le lac Michigan. Les hautes terres du Wisconsin septentrional et du Michigan lui ont servi de rempart. Le glacier a bien franchi l'obstacle en passant à quelque distance au bas du versant sud, mais apparemment dans une épaisseur insuffisante pour vaincre l'ablation à laquelle il était soumis, et ainsi il prenait fin au milieu du versant; mais les profonds courants de glace venus des grands lacs descendaient au loin vers le Sud en convergeant l'un vers l'autre; s'ils ne se confondaient pas alors, du moins ils mêlaient leurs débris au delà de la surface qu'ils avaient contournée. Un exemple tout à fait analogue, au point de vue dynamique, peut être observé actuellement à la partie terminale du glacier de Viesch, et l'examen de plusieurs autres glaciers des Alpes justifie les principes généraux que nous avons invoqués ici.

Si le Kettle Range est bien dû à la progression des glaciers, alors pendant leur avancement, qu'il soit petit ou grand, la moraine marque une période secondaire d'accroissement avec un intervalle de diminution entre elle et l'époque d'extension maximum. Son grand développement indique que l'action, quelle qu'elle soit, qui a causé cet avancement, s'est produite sur une étendue très large, peut-être sur le continent entier. La moraine par conséquent est digne d'étude à cause de ses rapports avec l'intéressante question des périodes glaciaires et interglaciaires.

M. le Président. La parole est à M. Cope pour une présentation d'ouvrage.

M. Cope (États-Unis). Messieurs, je veux seulement porter à votre connaissance le rapport d'une Commission créée par l'Association américaine pour l'avancement des sciences. Ce rapport a pour objet la nomenclature et les lois de priorité. La Commission a posé de nombreuses questions aux naturalistes de l'Amérique du Nord et elle en a reçu des réponses qui traitent les points les plus importants que MM. Gosselet et Jannettaz avaient en vue. Je crois que vous y trouverez discutées toutes les difficultés que l'on désire voir résoudre.

Cette question de nomenclature et de priorité est, comme vous le savez, une des plus importantes à régler pour faciliter le progrès de la science et pour éviter la confusion du langage. Sous ce rapport, je signale ce document à

[1] Comparez M. H. Winchell dans les *Rapports géologiques annuels du Minnesota*, 1877, et R. D. Irving, *Geol. in Wisc.*, II, 1877.

votre attention, Messieurs, parce que je crois qu'il s'y trouve plus d'un renseignement intéressant et utile. (Applaudissements.)

M. le Président. La parole est à M. Fuchs.

M. Edmond Fuchs. Messieurs, conformément à l'invitation adressée au Congrès par M. le Président dans la séance du vendredi 29 août, le lendemain, samedi 30, après la visite faite à l'École des mines, quelques-uns des membres de cette assemblée se sont réunis pour discuter les questions relatives à l'**Unification du mode de représentation des cartes géologiques.** Ils ont désiré qu'il restât une trace de la discussion qui a eu lieu, et ils m'ont prié d'exposer devant vous les idées qui ont réuni la presque unanimité des suffrages.

Tout d'abord, la question de l'unification a été discutée en elle-même, et tout le monde a été d'accord pour dire que l'unification du mode de la représentation des cartes géologiques était désirable sans restriction pour les cartes à petite échelle, mais que la solution était beaucoup moins simple pour les cartes à grande échelle. Ces dernières, en effet, embrassent des objets extrêmement variés et leurs besoins sont, par suite, extrêmement complexes : les unes, se bornant à des aires limitées, n'utilisent qu'une faible fraction de l'échelle des formations géologiques et seraient alors privées des ressources indispensables à un coloriage de détail; les autres sont des cartes nationales s'étendant sur de vastes surfaces, exigeant l'emploi de la totalité de l'échelle des formations géologiques. Mais pour ces dernières mêmes, l'inégalité de développement des diverses formations, quand on passe de l'une à l'autre, crée des inégalités sérieuses dans le besoin du coloriage. Enfin il y a les *faits acquis*, car la presque totalité des nations de l'Europe a plus ou moins activement entrepris l'exécution de cartes géologiques à grande échelle, et un changement de système, dans un travail en cours de publication, offrirait de dangereuses difficultés.

Pour tous ces motifs, l'unification du mode de représentation des cartes à grande échelle ne présente pas un caractère d'urgence aussi prononcé que celui des cartes générales : souvent elle n'est ni facilement réalisable, ni même entièrement désirable.

Faut-il en conclure que l'on doive absolument renoncer à toute tentative ayant pour but d'effacer ou d'atténuer les divergences existant actuellement entre les modes de représentation des cartes à grande échelle? Nous ne le pensons pas. Sans arriver, en effet, à une unification absolue, on peut du moins établir quelques principes généraux communs, et fixer une série de points de repère entre les divers modes de représentation.

Pour les *terrains sédimentaires*, la proposition, qui a été formulée devant le Congrès, d'affecter une couleur type à chacun des grands termes de la série, a réuni la presque unanimité des suffrages, en la formulant toutefois avec les restrictions suivantes :

Au lieu de nuancer simplement cette teinte pour les différentes divisions de ces grands groupes de terrains, ce qui aurait souvent pour conséquence de couvrir des cartes isolées d'une seule et même couleur, on a donné la préférence au système qui est déjà en vigueur pour la carte belge. Les teintes

pourront être variées et modifiées par le mélange d'autres couleurs, celles-ci étant d'ailleurs soit disposées dans l'ordre du spectre, soit groupées par juxtaposition des couleurs complémentaires, soit différenciées par tout autre procédé employé d'une manière régulière et systématique et ayant pour résultat de produire des teintes nettement tranchées. Le contraste de deux couleurs juxtaposées est, en effet, toujours désirable pour la facilité de la lecture des cartes : il devient à peu près indispensable quand le figuré topographique est fait à l'aide de hachures (Angleterre, France), et non, comme cela serait désirable, par le moyen des courbes de niveau (Allemagne, Belgique).

Quant aux différentes nuances d'une même teinte, on a été unanime à penser qu'elles devaient être maintenues pour les sous-étages, pour ces divisions qui ont un caractère local et qui s'atténuent et s'effacent même, souvent dans une même carte d'une feuille à l'autre. Cette disposition permettra alors de représenter par une teinte de nuance moyenne la réunion de deux sous-étages chaque fois qu'il sera impossible de les distinguer sur une carte.

Quant au mode d'application des couleurs, les teintes plates ont réuni aussi la presque universalité des suffrages. La raison principale émise en leur faveur est la minceur très grande des affleurements de certaines couches sur les cartes de détail, minceur qui rend très difficile, quelquefois même impossible, l'application du système des hachures qui d'ailleurs ont un autre grave inconvénient, celui d'obscurcir les renseignements de la topographie. Toutefois une exception a été faite en faveur des hachures obtenues par des réserves de blanc, déjà usitées pour les cartes du Canada.

Enfin on a pensé que les surcharges, telles que ponctués, grisailles, ou tout autre système, ne devaient être employées qu'avec la plus extrême réserve et qu'il ne fallait les appliquer qu'à des cas rigoureusement exceptionnels, seulement quand on voudrait désigner un phénomène tout à fait spécial.

Pour *les roches d'origine plutonique*, — *terrains cristallins* ou *roches éruptives* proprement dites, — l'unification peut être poussée beaucoup plus loin et même devenir presque complète dans les cartes de détail.

Les caractères de ces roches ont en effet un cachet de persistance et d'universalité qui permet de généraliser et de systématiser leur mode de représentation beaucoup plus que cela n'a lieu pour les terrains sédimentaires. Aussi a-t-on été unanime à formuler le vœu que des couleurs, toujours les mêmes, fussent réservées pour les roches cristallines, c'est-à-dire pour les roches granitiques et les groupes des schistes cristallins (exemple : les roses vifs pour les différents granites).

On a de même formulé le vœu que les roches franchement éruptives, qui se présentent en filons et qui n'occupent que de très petites surfaces sur les cartes, fussent représentées par des teintes vives et intenses, afin que les phénomènes d'éruption, dont les affleurements des roches sont les témoins, sautassent nettement aux yeux.

Dans cet ordre d'idées, chacun des six grands groupes de roches, granitique, dioritique, porphyrique, mélaphyrique, trachytique, basaltique, serait caractérisé par une des six couleurs fondamentales du spectre solaire, laquelle alors serait modifiée soit par des nuances, soit par des mélanges altérant simplement

la teinte sans effacer le caractère de la couleur fondamentale. Pour en citer un exemple, le jaune vif, réservé au trachyte dans la carte géologique détaillée de la France, peut être suffisamment modifié avec le secours de la palette pour qu'on puisse représenter sans confusion toutes les roches du groupe trachytique, tout en leur conservant à toutes une teinte se rattachant à la couleur fondamentale qui est le jaune. De cette façon, l'emploi de teintes moyennes permet de réunir sur une même carte, ou sur des cartes voisines, des groupes de roches qui, nettement séparées dans une région, présentent des divergences moins tranchées dans d'autres localités.

En résumé, les idées très simples qui ont été émises et qui feront l'objet d'une discussion ultérieure, sont les suivantes :

1° L'unification n'est désirable d'une manière absolue que pour les cartes à petite échelle ;

2° Elle est soumise à certaines restrictions pour les cartes à grande échelle, dans lesquelles elle doit porter plutôt sur les groupes de roches éruptives ou d'origine plutonienne, et sur le choix des teintes fondamentales pour chacun des groupes principaux de terrains sédimentaires.

M. le Président. M. Fuchs voudra bien rédiger ce qu'il vient de dire et remettre sa note à la Commission des cartes.

RÉSOLUTIONS.

I. — PUBLICATION DES TRAVAUX DU CONGRÈS.

M. le Président. Je suis chargé par le Conseil de vous soumettre une série de propositions.

La première est relative à la publication des travaux du Congrès ; elle comprend deux articles :

Article premier. *Les membres du Congrès qui ont pris la parole pour faire des communications ou présenter des observations, devront envoyer leurs travaux au Secrétariat de la Société géologique de France, savoir :*

Les membres français, avant le 15 novembre prochain ;

Les membres étrangers, avant le 1er décembre.

Art. 2. *M. Delaire, l'un des secrétaires du Congrès, est chargé de tous les soins relatifs à la rédaction et à l'impression des actes du Congrès, sous le contrôle d'une Commission composée des membres français du Bureau.*

(Le projet est mis aux voix et adopté.)

II. — RÉUNION DU PROCHAIN CONGRÈS.

M. le Président. Messieurs, le Conseil, pour assurer la continuation de l'œuvre que nous avons commencée, vous propose la résolution suivante :

Article premier. *Le prochain Congrès géologique international aura lieu dans trois ans, c'est-à-dire en 1881.*

Art. 2. *Il se réunira, sur la proposition de MM. Sella et Capellini, à Bologne.*

Art. 3. *L'époque de la réunion sera probablement fixée au commencement d'octobre.*

Art. 4. *M. Sella, ancien ministre, président de l'Académie des Lincei de Rome, est nommé président d'honneur du Congrès.* (Vifs applaudissements.)

Art. 5. *Il est constitué, sous la présidence de M. Capellini, un Comité d'organisation, composé de :*

MM. Capellini, professeur de géologie et directeur du Musée de Bologne.
Gastaldi, professeur de géologie à Turin.
Gemmellaro, professeur à l'Université de Palerme.
Giordano, inspecteur général des mines à Rome.
Guiscardi, professeur à l'Université de Naples.
Meneghini, professeur de géologie à l'Université de Pise.
Omboni, professeur de géologie à l'Université de Padoue.
de Pirona, professeur de géologie à Udine, délégué au Congrès par l'Institut vénitien (Académie des sciences).
Ponzi, professeur de géologie à l'Université de Rome.
Taramelli, professeur de géologie à l'Université de Pavie.

(Ce projet est adopté par acclamation.)

M. le Président. La parole est à M. Capellini.

M. Capellini (Italie). Messieurs, aussitôt que la ville de Bologne a été proposée comme siège du futur Congrès géologique international, j'ai télégraphié cette nouvelle à la municipalité de la ville afin d'avoir son avis à cet égard. Le syndic m'a répondu immédiatement par le télégramme suivant :

A Monsieur le professeur J. Capellini, à Paris.

Bologne, patrie d'*Aldrovandi*, sera heureuse de recevoir la seconde session du Congrès géologique international en 1881.

Taconni, syndic.

(Applaudissements.)

Préalablement, et par l'intermédiaire de Son Excellence le général Cialdini, ambassadeur d'Italie, le Gouvernement italien avait été renseigné sur les vœux de notre Conseil à propos de la future session du Congrès. Le Gouvernement du Roi lui aussi s'est empressé de répondre par un télégramme qui m'a été confié par Son Excellence l'ambassadeur d'Italie, que je tiens à vous résumer

après le vote unanime par lequel vous avez bien voulu que la ville de Bologne fût le siège de notre prochaine session :

L'ambassadeur d'Italie, à Paris.

Le Gouvernement du Roi serait heureux et fier de donner l'hospitalité à une association aussi illustre que le Congrès international géologique, et de l'aider dans son œuvre scientifique par tous les moyens dont il pourra disposer.

MAFFEI.

(Applaudissements.)

Maintenant, Messieurs, à propos du vote qui me regarde, permettez-moi de vous dire que la charge que vous voulez bien m'imposer est énorme, et je crains qu'elle ne dépasse de beaucoup mes forces. Je tiens néanmoins à vous témoigner toute ma reconnaissance, et à vous dire que je suis disposé à me sacrifier à une œuvre qui depuis de longues années était l'un de mes vœux les plus ardents pour les progrès de la géologie. Je réclame dès à présent votre bienveillant concours ainsi que votre indulgence, et j'espère que dans trois ans nous nous retrouverons tous en Italie, à Bologne. (Applaudissements.)

M. LE PRÉSIDENT. Je suis certainement l'interprète de vos sentiments en proposant de voter de chaleureux remerciements au Gouvernement italien et à la ville de Bologne. (Bravos et applaudissements.)

III. — DÉLÉGATION PERMANENTE DU CONGRÈS.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. Delesse pour une motion.

M. DELESSE. Il me semble qu'il y a utilité à avoir un comité de délégation qui veillerait aux intérêts du Congrès géologique international jusqu'à la nouvelle réunion qui doit avoir lieu à Bologne. En science comme en politique, il est bon qu'il n'y ait pas d'interrègne. C'est ce principe qui a guidé un congrès analogue à celui-ci, le Congrès international des Sciences géographiques, lors de sa deuxième session en 1875, à Paris. A la suite de ce Congrès et dans des circonstances semblables à celles où nous nous trouvons, on a pensé qu'il était nécessaire de confier à un comité de délégation le soin de veiller aux intérêts du Congrès international de Géographie : je demande que nous agissions de même en ce qui nous concerne. Quant à la composition de la délégation, le Congrès de Géographie a pensé qu'il était nécessaire d'avoir un nombre impair de membres afin de départager les voix dans le cas de dissentiment, et il a fixé ce nombre à cinq. Il serait désirable que les membres choisis fussent tous français, et même qu'ils habitassent Paris afin de pouvoir se réunir aisément en cas de nécessité urgente. Il est naturel enfin que la délégation comprenne au premier rang le président du Congrès qui s'est réuni à Paris, les deux vice-présidents et le secrétaire général. On pourrait aussi y faire figurer un des secrétaires.

M. DE CHANCOURTOIS. Mais il me semble qu'une Commission a été nommée qui pourvoit à tous les *desiderata* de M. Delesse.

M. le Président: La Commission chargée de veiller à l'impression des comptes rendus du Congrès actuel n'a pas reçu d'autres pouvoirs. Pas plus que le comité de délégation qu'on propose, elle n'a le droit de constituer le bureau du futur Congrès; c'est le Congrès seul qui peut constituer le bureau; c'est à ce bureau seul que les pouvoirs du bureau du Congrès actuel doivent être transmis directement. Je crois que la délégation proposée n'aurait peut-être pas autre chose à faire que de veiller à l'impression des comptes rendus, puisque le siège du futur Congrès est assigné; mais il peut survenir des difficultés que nous ne prévoyons pas et qui, faute de solution, compromettent l'avenir de notre œuvre. Je me rallie donc à la proposition de M. Delesse.

C'est d'ailleurs la marche suivie par tous les congrès, et le bureau actuel aurait tort d'abandonner la pratique généralement adoptée par les grandes associations. Le comité d'organisation doit être chargé de tout ce qui tend à préparer la réunion de Bologne, mais toutes les décisions qui sont, au contraire, une conséquence du Congrès de Paris, doivent rentrer dans les attributions du bureau actuel. C'est donc à vous de décider si vous voulez maintenir en fonction votre bureau tout entier, ou si vous ne voulez conserver les pouvoirs qu'à la partie française du bureau.

M. Renevier (Suisse). S'il ne s'agit que de veiller à l'impression des actes du Congrès, je trouve naturel qu'on suive la proposition de M. Delesse et qu'on charge de cette mission un comité restreint; mais s'il s'agit de représenter le Congrès pendant les trois années d'intervalle entre les deux sessions, il me semble que le bureau actuel devrait être choisi plutôt qu'un comité restreint, puisqu'il comprend des membres de différents pays. (Approbation.)

Les membres étrangers du bureau actuel resteront membres correspondants, cela va sans dire, et les affaires courantes seront réglées par les membres français, mais le bureau ne perdra pas son caractère international.

M. Delesse. Je crois qu'il y aurait plus d'avantages à n'avoir qu'une délégation restreinte; chacun sait que plus une assemblée est nombreuse, plus il est difficile d'arriver à des mesures d'exécution. Il me semble que le nombre de cinq membres est suffisant.

M. le Président. En droit, les pouvoirs restent confiés au bureau entier, qui seul représente le Congrès. Mais, pour l'expédition des affaires courantes, il peut être bon de constituer une délégation comme celle que propose M. Delesse et qui sera la représentation du bureau.

Après quelques observations de MM. de Chancourtois, Buvignier et Pomel, M. le Président formule la résolution qui est mise aux voix et adoptée.

Article premier. *Jusqu'à l'ouverture du Congrès de 1881, le bureau actuel reste investi des pouvoirs.*

Art. 2. *M. le Secrétaire général du Congrès demeure chargé de la correspondance.*

Art. 3. *Les membres du bureau présents à Paris auront qualité pour délibérer, quel que soit leur nombre.*

IV. — NOMINATION DE COMMISSIONS INTERNATIONALES.

M. le Président. Le Conseil vous demande, Messieurs, de constituer deux commissions pour l'étude des questions qui ont été posées devant le Congrès. Voici les propositions du Conseil :

Article premier. *Il est constitué une Commission internationale pour l'*unification des figurés géologiques.

Art. 2. *Cette Commission est composée dès maintenant de :*

MM. Liversidge, professeur à l'Université de Sidney, pour l'Australie.
Dupont, directeur du Musée d'histoire naturelle de Bruxelles, pour la Belgique.
Selwyn, directeur de la Commission géologique du Canada, pour le Canada.
Ribeiro, directeur de la Commission géologique du Portugal, pour l'Espagne et le Portugal.
Lesley, directeur de la Commission géologique de Pensylvanie, pour les États-Unis.
de Chancourtois, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des mines, pour la France.
de Hantken, directeur de l'Institut géologique de Hongrie, pour la Hongrie.
Giordano, inspecteur général des mines, pour l'Italie.
de Mœller, professeur à l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg, pour la Russie.
Torell, directeur de la Commission géologique de Suède, pour la Scandinavie.
Renevier, professeur à l'Académie de Lausanne, pour la Suisse.

Art. 3. *Il est constitué une Commission internationale pour l'*unification de la nomenclature géologique.

Art. 4. *Cette Commission est composée dès maintenant de :*

MM. Liversidge, professeur à l'Université de Sidney, pour l'Australie.
Dewalque, professeur à l'Université de Liège, pour la Belgique.
Sterry Hunt, ancien membre de la Commission géologique du Canada, pour le Canada.
Vilanova, professeur au Muséum de Madrid, pour l'Espagne et le Portugal.
J. Hall, géologue en chef des États-Unis, pour les États-Unis.
Hébert, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour la France.
Szabo, conseiller royal, professeur à l'Université de Buda-Pesth, pour la Hongrie.
Capellini, professeur à l'Université de Bologne, pour l'Italie.
Stéphanesco, professeur à l'Université de Bucharest, pour la Roumanie.
Inostranzeff, professeur à l'Université de Saint-Pétersbourg, pour la Russie.
Lundgreen, professeur à l'Université de Lund, pour la Suède et la Norvège.
A. Favre, professeur à l'Académie de Genève, pour la Suisse.

(Ces articles, mis aux voix, sont successivement adoptés.)

M. le Président. L'article suivant donne aux commissions le pouvoir de se compléter elles-mêmes et de pourvoir au remplacement de leurs membres en cas de démission ou de décès.

M. A. Favre propose que, dans le cas de vacance, la nomination nouvelle

soit faite à l'unanimité des membres de la Commission. Sans développer tous les motifs sur lesquels se fonde notre collègue, je dois faire remarquer que sa proposition a pour but d'empêcher les votes de complaisance et d'éviter la prédominance exclusive d'une opinion au sein des commissions.

(Après lecture d'une note de M. A. Favre, la proposition, mise aux voix, n'est pas adoptée.)

M. le Président. M. Vilanova propose le vote aux deux tiers du nombre des votants. Je mets cette proposition aux voix.

(La proposition est adoptée, et les articles 5 et 6 sont votés successivement.)

Art. 5. *Les commissions se compléteront elles-mêmes, pour les pays non représentés au Congrès, et aussi dans le cas de décès ou de démission de leurs membres. Les nouveaux membres devront réunir les deux tiers des voix.*

Art. 6. *Chacun des membres ci-dessus désignés formera un comité local dont il communiquera la composition à la Commission internationale correspondante.*

Sur la proposition de M. Gosselet et de plusieurs membres, le Congrès exprime le vœu *que, pour la nomination des comités locaux, la plus importante des Sociétés géologiques soit consultée dans chaque pays.*

M. le Président met aux voix les deux derniers articles, qui sont adoptés.

Art. 7. *Les commissions internationales se constitueront aussitôt que possible par le choix de leurs présidents et de leurs secrétaires. Elles donneront avis de ces nominations au Bureau du présent Congrès et au Comité d'organisation du deuxième.*

Art. 8. *Les rapports préparés par les soins des commissions internationales devront être envoyés, avant le 1er janvier 1881, au Comité d'organisation, qui veut bien se charger de les faire imprimer et distribuer avant l'ouverture du Congrès.*

V. — PROPOSITION DE MM. GOSSELET ET JANNETTAZ.

M. le Président donne lecture des articles proposés par le Conseil :

Article premier. *Il est institué une Commission chargée d'étudier, avant le prochain Congrès, la question des* Règles à suivre pour établir la nomenclature des espèces.

Art. 2. *Cette Commission est composée :*

Pour la paléontologie, de :

MM. Cotteau, ancien président de la Société géologique de France.
Douvillé, ingénieur des mines.
Gaudry, président de la Société géologique, professeur au Muséum.
Gosselet, professeur à la Faculté des sciences de Lille.
Pomel, sénateur.
de Saporta, correspondant de l'Institut.

Pour la minéralogie, de :

M. Des Cloizeaux, membre de l'Institut.

M. Jannettaz, ancien président de la Société géologique, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris.

(La proposition, mise aux voix, est adoptée.)

M. le Président. Avant de nous séparer, Messieurs, je vous propose de voter des remerciements à M. le Ministre de l'agriculture et du commerce et à M. le sénateur, Commissaire général de l'Exposition universelle, pour la bienveillance avec laquelle ils ont mis à la disposition du Congrès les salles du palais du Trocadéro. (Acclamations répétées.)

M. Renevier (Suisse). Je suis chargé par quelques-uns de mes collègues étrangers d'exprimer à notre honorable président, M. Hébert, et aux membres du Comité d'organisation, nos remerciements pour les soins qu'ils ont donnés à l'organisation de ce Congrès. (Applaudissements.)

M. Hébert, *président*. Messieurs, je suis très touché des remerciements que M. Renevier, au nom de ses collègues, veut bien m'adresser. Mais, en m'appelant à la présidence d'une réunion composée des savants qui, sur tous les points du globe, ont le plus illustré notre science, vous m'avez décerné une récompense bien au-dessus des services que j'ai pu rendre. Je regarde cet honneur comme le couronnement de ma carrière scientifique, et je conserverai, des jours que nous avons passés ensemble, le plus précieux souvenir.

M. Vilanova (Espagne). Je demande au Congrès de voter des remerciements à MM. James Hall, Sterry Hunt, et aux autres membres du Comité fondateur de Philadelphie. (Acclamations.)

M. James Hall (États-Unis) exprime la satisfaction que lui donne le succès du premier Congrès géologique international.

M. le Président déclare close la session du Congrès de 1878.

ANNEXES.

ANNEXES.

ANNEXE N° 1.

FAUNE MALACOLOGIQUE
DES TERRAINS MIOCÈNES DU PORTUGAL.

LISTE PRÉSENTÉE PAR M. LE COLONEL CARLOS RIBEIRO,

CHEF DE LA SECTION GÉOLOGIQUE DU PORTUGAL.

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS [1].	OBSERVATIONS.
		I. — UNIVALVES.		
STROMBUS	coronatus	Defr	Cacella.	La détermination des espèces a été faite par les membres de l'ancienne Commission géologique du royaume.
Idem	Bonellii?	Brongn	P. Brandão.	
ROSTELLARIA	dentata	Grat	Mutella, Forno do Tijolo, P. Brandão.	
MUREX	Delbosianus	Grat	Margueira.	
Idem	spinicosta	Bronn	Forno do Tijolo.	
Idem	erinaceus	Linn	Cacella.	
Idem	Sedgwicki	Micht	*Idem*.	
Idem	Aquitanicus	Grat	Cacella, Carnide, P. Brandão.	
Idem	brandaris	Linn	Mutella, Cacella, Rego, Azeitão, Palma, P. Brandão.	
Idem	trunculus	*Idem*	Mutella, Cacella, Carnide, P. Brandão.	
Idem	lingua-bovis	Bast	Mutella, Cacella, Carnide.	
Idem	craticulatus	Brocc	Mutella, Forno do Tijolo, Entre Campos, P. Brandão.	

[1] ABRÉVIATIONS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Cacella	Cacella	A l'est de la ville de Tavira, Algarve.
Azeitão	Azeitão (Poço)	25 kilomètres au sud de Lisbonne.
Mutella	Mutella a Cacilhas	Rive gauche du Tage, au sud de Lisbonne.
Covalinho	Praia do Covalinho	*Idem*.
F. do Tijolo	Forno do Tijolo	*Idem*.
P. Brandão	Arieiro ao Porto Brandão.	*Idem*.
Rego	Rego	Falaise, au sud de l'embouchure du Tage.
Prazeres	Prazeres	Lisbonne.
Palma	Palma do Cima	2 kilomètres au nord de Lisbonne.
C. Pequeno	Campo Pequeno	3 kilomètres au nord-est de Lisbonne.
Entre Campos	Entre Campos	*Idem*.
Carnide	Carnide	6 kilomètres au nord-ouest de Lisbonne.
Olivaes	Odivellas aos Olivaes	10 kilomètres au nord-est de Lisbonne.

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Murex	Vindobonensis	Hörn	Mutella, Cacella, P. Brandão.	
Idem	sublavatus	Bast	Mutella, Forno do Tijolo.	
Idem	ventricosus	Hörn	Cacella.	
Idem	Genei	Bell. Micht	*Idem*.	
Idem	striæformis	Micht	*Idem*.	
Idem	angulosus	Broce	*Idem*.	
Idem	Swainsoni?	Micht	*Idem*.	
Idem	sp.		P. Brandão.	
Ranella	marginata	Brongn	Mutella, Cacella, P. Brandão.	
Idem	reticularis	Desh	Cacella.	
Triton	corrugatum	Lamk	Mutella.	
Idem	affine	Desh	Cacella.	
Fasciolaria	Tarbelliana	Grat	Mutella, Cacella.	
Idem	*Idem*	*Idem*	Mutella.	Variété.
Idem	sp.		*Idem*.	
Turbinella	Lynchi	Bast	Cacella.	
Idem	crassicostata	Micht	*Idem*.	
Idem	Allionii	*Idem*	*Idem*.	
Cancellaria	Adiçana	Per. da Costa.	Adiça.	
Idem	Cacellensis	*Idem*	Cacella.	
Idem	imbricata	Hörn	*Idem*.	
Idem	varicosa	Broce	Mutella, Cacella.	
Idem	calcarata	*Idem*	Mutella.	
Idem	Dufouri	Grat	Mutella, Cacella.	
Idem	Westiana	*Idem*	*Idem*.	
Idem	Partschi?	Hörn	Cacella.	
Idem	contorta	Bast	*Idem*.	
Idem	decussata	Sow	Covalinho, Ginjal, Cacella, P. Brandão.	
Idem	inermis	Pusch	Margueira, Adiça, P. Brandão.	
Idem	Barjonæ	Per. da Costa.	Cacella.	
Idem	scrobiculata	Hörn	*Idem*.	
Idem	spinifera	Grat	*Idem*.	
Idem	Michelini	Bell	*Idem*.	
Idem	Geslini	Bast	Carnide.	
Idem	sp.		*Idem*.	similis?
Idem	sp.		Cacella.	
Pyrula	rusticula	Bast	Mutella, Cacella, Carnide, Entre Campos, Olivaes P Brandão.	
Idem	cingulata	Bronn	Mutella, Margueira, Covalinho Foz da Fonte, Portinho da Arrabida, Adiça, Carnide, Rego, Entre Campos, Cacella, P. Brandão.	
Idem	condita	Brongn	Mutella, Rego, Carnide, P. Brandão, Olivaes.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
PYRULA.....	cornuta.....	Ag.....	Sacavem, Mutella, Porto Brandão.	
Idem.....	clava.....	Bast.....	Mutella, Carnide, Entre Campos, P. Brandão.	
FUSUS.....	Valenciennesi....	Grat.....	Mutella.	
Idem.....	Burdigalensis...	Bast.....	Mutella, Forno do Tijolo, Foz da Fonte, Carnide, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	intermedius.....	Micht.....	Cacella.	
Idem.....	Etruscus.....	Pecchioli....	*Idem*.	
Idem.....	Schwartzi.....	Hörn.....	*Idem*.	
Idem.....	Adiçanus.....	Per. da Costa.	Mutella, Adiça.	
Idem.....	Covalinensis....	*Idem*.....	Covalinho.	
Idem.....	dubius.....	*Idem*.....	Cacella.	
Idem.....	sp.....	.....	Carnide.	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	sp. n.....	.....	P. Brandão.	
Idem.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
BUCCINUM.....	mutabile.....	Brocc.....	Mutella, Cacella, P. Brandão.	
Idem.....	semistriatum....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	prismaticum....	*Idem*.....	Mutella, Cacella, Adiça, P. Brandão.	
Idem.....	Grateloupi.....	Hörn.....	Cacella.	
Idem.....	Cacellense.....	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	atlanticum.....	Mayer.....	*Idem*.	
Idem.....	Algarbiorum....	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	gibbosulum.....	Linn.....	*Idem*.	
Idem.....	proximum.....	Sow.....	Almada, Forno do Tijolo.	
Idem.....	baccatum.....	Bast.....	Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	turritum.....	Borson.....	Cacella.	
Idem.....	conglobatissimum	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	substramineum?	Grat.....	*Idem*.	
Idem.....	dubium.....	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	maculosum.....	Sow. non Linn.	*Idem*.	
Idem.....	Cuneanum.....	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	inconspicuum...	Sow.....	*Idem*.	
BUCCINUM (Nassa)	parvulum.....	*Idem*.....	Cacella, P. Brandão.	
BUCCINUM.....	Dujardini.....	Desh.....	Cacella, Mutella, Adiça.	
Idem.....	politum?.....	Lamk.....	Mutella.	
Idem.....	Veneris.....	Bast.....	Mutella, P. Brandão.	
Idem.....	serraticosta?....	Bronn.....	Mutella.	
BUCCINUM (Nassa)	pusio.....	Sow.....	*Idem*.	
BUCCINUM.....	turbinellus.....	Brocc.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	coloratum.....	Eichw.....	*Idem*.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Buccinum	Badense	Partsch	Mutella.	
Idem	costulatum	Brocc	*Idem.*	
Idem	*Idem*	*Idem*	*Idem.*	Variété.
Idem	Caronis	Brongn	Mutella, Cacella, Olivaes.	
Idem	Rosthorni	Partsch	Mutella, Adiça, P. Brandão, Olivaes.	
Buccinum (Nassa)	pseudo-clathrata	Micht	Mutella, Olivaes.	
Buccinum	Philippii	*Idem*	Mutella, Carnide.	
Idem	polygonum	Brocc	Mutella, Cacella, Adiça.	
Halia	Deshayesiana	Per. da Costa.	Cacella.	
Terebra	Algarbiorum	*Idem*	*Idem.*	
Idem	cuneana	*Idem*	*Idem.*	
Idem	acuminata	Borson	Mutella, Cacella.	
Idem	fuscata	Brocc	Cacella.	
Idem	pertusa	Bast	Margueira.	
Idem	Basteroti	Nyst	Adiça.	
Idem	Cacellensis	Per. da Costa.	Cacella.	
Idem	sp.	.....	*Idem.*	
Purpura	exilis	Partsch	Cacella, Carnide.	
Purpura (Monoceros)	sp.	.....	Cacella.	
Cassis	Saburon	Lamk	Mutella, Cacella, Palma, Carnide, Entre Campos.	
Idem	crumena	*Idem*	Cacella.	
Idem	decussata	Brug	Cacilhas, Forno do Tijolo.	
Idem	sp.	.....	Rego, Carnide.	
Idem	sp.	.....	P. Brandão.	
Idem	sp. n.	.....	*Idem.*	
Oniscia	cythara	Sow	Cacella.	
Cassidaria	sp. n.	.....	Carnide, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem	echinophora	Lamk	Cacella.	
Idem	variabilis	Bell. et Micht.	Mutella.	
Idem	sp.	.....	P. Brandão.	
Dolium	denticulatum	Desh	Mutella, Cacella.	
Idem	sp. n.	.....	Carnide, P. Brandão.	
Columbella	semicaudata	Bon	Mutella, Cacella.	
Idem	curta	Bell	Cacella.	
Idem	Borsoni	*Idem*	*Idem.*	
Idem	nassoides	*Idem*	Mutella, Cacella.	
Oliva	plicaria	Lamk	Mutella.	
Idem	flammulata	*Idem*	Cacella, Adiça, Almada, Cacilhas, Margueira.	
Idem	sp.	.....	P. Brandão.	
Ancillaria	glandiformis	Lamk	Mutella, Rego, P. Brandão, Olivaes.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Ancillaria.....	canalifera.....	Lamk.....	Mutella.	
Conus.....	Dujardini.....	Desh.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	Tarbellianus....	Grat.....	Mutella, Cacella, Rego.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Cacella.	Var. splendens.
Idem.....	clavatus.....	Lamk.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	Mercatii.....	Brocc.....	*Idem*.	
Idem.....	betulinoides....	Lamk.....	*Idem*.	
Idem.....	Puschi.....	Micht.....	*Idem*.	
Idem.....	Berghausi.....	*Idem*.....	Cacella.	
Idem.....	Cacellensis.....	Per. da Costa.	*Idem*.	
Idem.....	subraristriatus..	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	avellana.....	Lamk.....	*Idem*.	
Idem.....	ventricosus.....	Bronn.....	Cacella, Adiça.	
Idem.....	Sharpeanus.....	Per. da Costa.	Cacella.	
Idem.....	Eschewegi.....	*Idem*.....	Cacella, Rego.	
Idem.....	Broteri.....	*Idem*.....	Cacella.	
Idem.....	catenatus.....	Sow.....	*Idem*.	
Idem.....	sp.....	.....	Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
Pleurotoma....	cataphracta.....	Brocc.....	Cacella, P. Brandão.	
Idem.....	festiva.....	Doderlein ...	*Idem*.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella.	Variété.
Idem.....	granulato-cincta.	Münst.....	Cacella.	
Idem.....	concatenata.....	Grat.....	*Idem*.	
Idem.....	turricula.....	Brocc.....	*Idem*.	
Idem.....	intermedia.....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	strombillus.....	Duj.....	Adiça.	
Idem.....	Vauquelini?.....	Payr.....	Cacella.	
Idem.....	subanceps.....	Per. da Costa.	Forno do Tijolo.	
Idem.....	Adiçana.....	*Idem*.....	Adiça.	
Idem.....	Cacellensis.....	*Idem*.....	Cacella.	
Idem.....	asperulata.....	Lamk.....	Mutella, Cacella, Braço de Prata, Odivellas, P. Brandão.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella.	Var. notabilis.
Idem.....	pretiosa.....	Bell.....	Mutella, Cacella, Carnide.	
Idem.....	interrupta.....	Brocc.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	plicatella.....	Jan.....	Mutella, Cacella, Carnide.	
Idem.....	submarginata?..	Bon.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	pustulata.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	buccinoides.....	Grat.....	*Idem*.	
Idem.....	semimarginata..	Lamk.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	ramosa.....	Bast.....	Mutella, Cacella, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	dimidiata?.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	Veneris.....	Faujas.....	Mutella, Cacella.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
PLEUROTOMA....	Jouanneti.....	Des Moul....	Mutella, Cacella, Braço do Prata, Odivellas.	
Idem.....	harpula?.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Mutella, P. Brandão.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Mutella, Rego, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
PEREIRÆA.....	Gervaisi.....	Vézian.....	Margueira.	
VOLUTA.....	ficulina.....	Lamk.....	Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	Mutella, Entre Campos.	
Idem.....	spoliata.....	Sow.....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	rarispina.....	Lamk.....	Mutella, Forno do Tijolo, Carnide.	
Idem.....	Lamberti.....	Sow.....	Cacella.	
Idem.....	sp.....	.....	Carnide.	
MITRA.....	fusiformis.....	Brocc.....	Mutella, Cacella, P. Brandão.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Cacella.	
Idem.....	scrobiculata.....	Brocc.....	Olho de Boi, Covalinho, Cacella.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
MARGINELLA.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	miliacea.....	Lamk.....	Cacella.	
Idem.....	Stephaniæ.....	Per. da Costa.	Mutella, Adiça, Cacella, Sacavem, Braço do Prata.	
CYPRÆA.....	pyrum.....	Ginel.....	Cacella.	
Idem.....	affinis.....	Duj.....	*Idem*.	
Idem.....	amygdalum.....	Brocc.....	*Idem*.	
Idem.....	fabagina.....	Lamk.....	Cacella, Adiça.	
Idem.....	sp.....	.....	Mutella.	
Idem.....	sp.....	.....	Cacella.	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	splendens.....	Grat.....	Carnide.	
ERATO.....	lævis.....	Don.....	Cacella.	
Idem.....	Margeriæ?.....	Grey.....	*Idem*.	
OVULA.....	spelta.....	Lamk.....	Mutella, Cacella.	
NATICA.....	sp. n.....	.....	Mutella.	
Idem.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	sp.....	.....	Azeitão, P. Brandão, Olivaes.	
Idem.....	millepunctata...	Lamk.....	Mutella, Rego, Palma do Cima; Carnide, Entre Campos, Olivaes, P. Brandão.	
Idem.....	olla.....	Marcel de Serres.....	Mutella, Carnide.	
Idem.....	redempta.....	Micht.....	Mutella, Rego, Olivaes.	
Idem.....	parpusilla.....	Sow.....	Mutella.	
Idem.....	helicina?.....	Brocc.....	Carnide.	
SIGARETUS.....	haliotideus.....	Linn.....	Mutella, Carnide, P. Brandão, Olivaes.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
PYRAMIDELLA....	plicosa.....	Bronn.....	Mutella.	
ODONTOSTOMA...	plicatum.....	Mont.....	*Idem.*	
CHEMNITZIA.....	reticulata.....	d'Orb.....	*Idem.*	
EULIMA.....	subulata.....	Don.....	*Idem.*	
Idem.....	polita.....	Linn.....	*Idem.*	
TURBONILLA.....	gracilis.....	Brocc.....	*Idem.*	
Idem.....	subumbilicata...	Grat.....	*Idem.*	
Idem.....	Humboldti.....	Risso.....	*Idem.*	
Idem.....	plicatula ?.....	Brocc.....	*Idem.*	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem.*	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem.*	
CERITHIUM.....	vulgatum.....	Brug.....	*Idem.*	Variété.
Idem.....	scabrum.....	Olivi.....	Mutella, Cacella.	
Idem.....	minutum.....	Marcel de Serres.....	Mutella.	
Idem.....	lignitarum.....	Eichw.....	Mutella, Cacella, Carnide.	
Idem.....	doliolum.....	Brocc.....	Cacella.	
Idem.....	pictum.....	Bast.....	*Idem.*	
Idem.....	papaveraceum...	*Idem*.....	Cacella, Carnide, Olivaes.	
Idem.....	Duboisi.....	Hörn.....	Prazeres, Carnide.	
Idem.....	margaritaceum..	Brocc.....	Prazeres.	
Idem.....	sp.....	.....	Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	Carnide.	
CHENOPUS.....	pes pelicani	Phil.....	Mutella, Cacella, P. Brandão.	
TURRITELLA.....	Almadensis.....	Per. da Costa.	Mutella, Rego, Palma do Cima, Carnide.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Palma do Cima, Mutella.	Var. quadriplicata.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella, Rego, Carnide.	Var. proto.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	Var. mutabilis.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos, P. Brandão, Olivaes.	Var. cathedralis.
Idem.....	Adiçana.....	*Idem*.....	Mutella, P. Brandão.	
Idem.....	turris.....	Bast.....	Mutella, Prazeres, Rego, Azeitão, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	Archimedis.....	Brongn.....	Mutella, Olivaes.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	Variété.
Idem.....	vermicularis....	Brocc.....	Mutella.	Variété.
Idem.....	terebralis.....	Lamk.....	Mutella, Prazeres, Rego, Palma, Carnide, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	terebra.....	Brocc.....	Mutella, Carnide.	
Idem.....	gradata.....	Menke.....	Mutella, Entre Campos.	
Idem.....	quadriplicata ...	Bast.....	Carnide.	
Idem.....	Desmarestina ...	*Idem*.....	Azeitão, P. Brandão.	
Idem.....	bicarinata.....	Eichw.....	Olivaes.	
Idem.....	strangulata.....	Grat.....	Campo Pequeno.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
VERMETUS.....	gigas.....	Bivona.....	Mutella, Carnide, Palma, Azeitão, P. Brandão.	
Idem.....	intortus?.....	Lamk.....	P. Brandão.	
SCALARIA.....	lamellosa.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	Braancampi....	Per. da Costa.	*Idem.*	
Idem.....	subulata.....	Sow.....	*Idem.*	
Idem.....	lanceolata.....	*Idem*.....	*Idem.*	
Idem.....	foliacea.....	*Idem*.....	*Idem.*	
Idem.....	clathratula.....	Turt.....	*Idem.*	
Idem.....	frondicula?.....	Wood.....	*Idem.*	
Idem.....	Ribeiroi.....	Per. da Costa.	*Idem.*	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem.*	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem.*	
Idem.....	pumicea.....	Brocc.....	P. Brandão.	
SOLARIUM.....	carocollatum....	Lamk.....	Mutella, Prazeres, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
PHORUS.....	Benettiæ.....	Brongn.....	Mutella, Azeitão, P. Brandão, Olivaes.	
Idem.....	cumulans.....	*Idem*.....	P. Brandão.	
Idem.....	Deshayesi.....	Micht.....	Mutella.	
LACUNA.....	Basterotina.....	Bronn.....	*Idem.*	
PALUDINA.....	planata.....	d'Orb.....	*Idem.*	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	*Idem.*	Variété.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	*Idem.*	Variété.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	*Idem.*	Variété.
NERITA.....	Plutonis?.....	Bast.....	*Idem.*	
TROCHUS (Adeorbis).....	Woodi.....	Hörn.....	Mutella, Azeitão.	
TROCHUS.....	tricarinatus.....	Wood.....	Mutella.	
Idem.....	magus?.....	Linn.....	*Idem.*	
Idem.....	patulus.....	Brocc.....	Mutella, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem.*	
TROCHUS (Monodonta).....	tuberculata?....	Lamk.....	Azeitão.	
INFUNDIBULUM....	sp.....	.....	Mutella.	
HALIOTIS.....	Volhynica.....	Eichw.....	Prazeres, P. Brandão.	
FISSURELLA.....	Italica.....	Defr.....	Azeitão.	
CALYPTRÆA.....	Chinensis.....	Linn.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	
Idem.....	trochiformis....	Grat.....	Rego, Palma, Azeitão, Entre Campos.	
Idem.....	deformis.....	Lamk.....	Carnide.	
Idem.....	sp.....	*Idem*.....	*Idem.*	
Idem.....	ornata.....	Bast.....	Azeitão.	
CREPIDULA.....	gibbosa?.....	Defr.....	Mutella.	
Idem.....	unguiformis....	Bast.....	*Idem.*	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Capulus	aquensis	Grat.	Mutella.	
Idem	sulcatus	Borson	Azeitão.	
Broccheia	sinuosa	*Idem*	*Idem*.	
Dentalium	incurvum	Renieri	Mutella.	
Idem	radula	Linn.	*Idem*.	
Idem	asperum	Micht.	*Idem*.	
Idem	entalis	Linn.	*Idem*.	
Idem	mutabile	Doderlein	*Idem*.	
Actaeon	tornatilis	Linn.	*Idem*.	
Idem	semistriatus	Férusac	*Idem*.	
Idem	Grateloupi	d'Orb.	*Idem*.	
Idem	sp.	.....	P. Brandão.	
Ringicula	buccinea	Desh.	Cacella, Adiça, Rego, Mutella.	
Bulla (Scaphander)	lignaria	Linn.	Mutella, P. Brandão.	
Bulla	convoluta	Brocc.	Mutella.	
Idem	utricula	*Idem*	*Idem*.	
Idem	conulus	Desh.	*Idem*.	
Idem	ovulata	Brocc.	*Idem*.	
Clio (Vaginella)	depressa	Micht.	*Idem*.	
II. — Bivalves.				
Ostrea	digitalina	Eichw.	Mutella, Entre Campos.	
Idem	*Idem*	*Idem*	Mutella, Palma.	Var. foveolata.
Idem	flabellula	Lamk.	Mutella, Rego, Carnide, P. Brandão, Campo Pequeno.	
Idem	frondosa	Marcel de Serres	Mutella, Carnide, P. Brandão.	
Idem	crassicostata	Sow.	Mutella, P. Brandão, Carnide.	Var. gigantea.
Idem	longirostris	Lamk.	Mutella, Palma, Carnide, Campo Pequeno.	
Idem	undata	*Idem*	Mutella.	
Idem	edulina	Grat.	Prazeres, Palma, Carnide, P. Brandão.	
Idem	ovalis	Eichw.	Prazeres, Rego.	
Idem	crassissima	Lamk.	Prazeres, Palma do Baixo.	
Idem	crispata	Bronn	Palma do Cima.	
Idem	lamellosa	Brocc.	Carnide.	
Idem	pseudo-edulis	Desh.	Azeitão.	
Idem	sp.	.....	Rego, Carnide, Mutella, Campo Pequeno.	
Idem	cariosa ?	Desh.	P. Brandão.	
Anomia	porrecta	Partsch	Mutella, Rego, Palma, Carnide, Entre Campos, Campo Pequeno, P. Brandão, Olivaes.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
ANOMIA.....	ephippium.....	Smith.....	Prazeres, Campo Pequeno, P. Brandão.	
Idem.....	costata.....	Brocc.....	Prazeres, Palma, Entre Campos.	
PECTEN.....	Josslingii.....	Smith.....	Mutella, Carnide.	Variété.
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	tenuisulcatus ...	Sow.....	*Idem*.	
Idem.....	sarmenticus.....	Goldf.....	Mutella, P. Brandão.	
Idem.....	solarium.....	Lamk.....	Campo Pequeno.	
Idem.....	expansus.....	Sow.....	Mutella, Palma, Entre Campos, P. Brandão.	
Idem.....	Beudanti.....	Bast.....	Mutella, Azeitão.	
Idem.....	convexo-costatus.	Abich.....	Mutella, Carnide, P. Brandão, Campo Pequeno.	
Idem.....	varius.....	Lamk.....	Carnide.	
Idem.....	scabrellus.....	*Idem*.....	Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	incertus.....	Abich.....	Carnide.	
Idem.....	dubius.....	Brocc.....	Mutella, Carnide, Olivaes.	
Idem.....	cristatus.....	Brunn.....	Mutella.	
Idem.....	conjux.....	Sow.....	Mutella, Entre Campos, Campo Pequeno.	
Idem.....	substriatus.....	d'Orb.....	Prazeres.	
Idem.....	lineatus?.....	Goldf.....	*Idem*.	
Idem.....	imbricatus?....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Carnide, Entre Campos, Azeitão, Palma, Mutella, Olivaes, Campo Pequeno, P. Brandão.	
Idem.....	medius?.....	Lamk.....	P. Brandão.	
Idem.....	acuticostatus....	Sow.....	*Idem*.	
Idem.....	fraterculus.....	*Idem*.....	Campo Pequeno.	
LIMA.....	exilis?.....	Wood.....	Rego.	
Idem.....	tenera.....	Turton....	Mutella.	
Idem.....	hians.....	Gmel.....	P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem*.	
SPONDYLUS.....	Deshayesi?.....	Micht.....	Prazeres.	
AVICULA.....	phalenacea.....	Lamk.....	Mutella, Rego, Palma, Carnide, Azeitão, Entre Campos.	
PERNA.....	Soldani.....	Desh.....	Azeitão.	
PINNA.....	affinis.....	Sow.....	Mutella, Palma, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp.....	.....	Mutella, Forno do Tijolo, P. Brandão.	
MYTILUS.....	antiquorum.....	Bast.....	Mutella, P. Brandão.	
MODIOLA.....	sp.....	.....	Carnide, Olivaes.	
LITHODOMUS.....	sp.....	.....	Azeitão.	
Idem.....	lithophagus.....	Linn.....	Olivaes.	
LITHOPHAGUS....	sp.....	.....	Carnide.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
ARCA.....	pectinata.....	Brocc.....	Mutella, Olivaes.	
Idem.....	subrostrata.....	Sow.....	Mutella, Carnide. Entre Campos, P. Brandão, Olivaes.	
Idem.....	*Idem*.....	*Idem*.....	Carnide.	Variété.
Idem.....	Turonica.....	Duj.....	Mutella, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	Helvetica.....	Mayer....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos, Olivaes, P. Brandão.	
Idem.....	diluvii.....	Lamk.....	Mutella, Carnide, P. Brandão.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Mutella.	
Idem.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
Idem.....	sp.....	.....	Palma, P. Brandão.	
Idem.....	umbonata.....	Lamk.....	Azeitão.	
Idem.....	tortuosa.....	Linn.....	*Idem*.	
Idem.....	ind.....	.....	*Idem*.	Plusieurs spécimens
Idem.....	sp. n.....	.....	Carnide, Entre Campos.	
Idem.....	mytiloides.....	Brocc.....	Olivaes.	
PECTUNCULUS....	pilosus.....	Linn.....	Mutella, Entre Campos, Olivaes. P. Brandão.	
Idem.....	insubricus?.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	cor.....	Lamk.....	Carnide.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
Idem.....	pulvinatus?.....	Lamk.....	*Idem*.	
NUCULA.....	trigonula.....	Wood.....	Mutella.	
Idem.....	nucleus.....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	sp. n.....	.....	*Idem*.	
LEDA.....	solenoides.....	Menighini..	*Idem*.	
Idem.....	minuta.....	Linn.....	*Idem*.	
Idem.....	pella.....	*Idem*.....	*Idem*.	
Idem.....	nitida.....	Brocc.....	*Idem*.	
CHAMA.....	sp.....	.....	Azeitão, Olivaes, P. Brandão.	
CARDIUM.....	hians.....	Brocc.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes, Carnide, Entre Campos.	
Idem.....	sp. n.....	.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes, Rego.	
Idem.....	sp.....	.....	Mutella.	
Idem.....	lævigatum.....	Linn.....	*Idem*.	
Idem.....	punctatum.....	Brocc.....	*Idem*.	
Idem.....	echinatum.....	Linn.....	Mutella, Rego, Palma, Carnide, Entre Campos.	
Idem.....	discrepans.....	Bast.....	Mutella, Rego, Prazeres, P. Brandão.	
Idem.....	latisulcatum....	Sow.....	P. Brandão, Rego, Carnide, Campo Pequeno.	
Idem.....	multicostatum...	Brocc.....	P. Brandão, Azeitão, Olivaes.	
Idem.....	sp.....	.....	Entre Campos.	
LUCINA.....	spuria..	Desh.....	Mutella, P. Brandão, Rego, Entre Campos.	

GENRES.	ESPECES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Lucina	trigonula	Desh.	Mutella, P. Brandão, Carnide, Campo Pequeno.	
Idem	columbella	Lamk.	Mutella, P. Brandão.	
Idem	circinnata?	Brocc.	Mutella.	
Idem	multilamellata?	Desh.	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	
Idem	orbicularis	*Idem*	Mutella, P. Brandão.	
Idem	sp.	.....	Mutella, Carnide, Azeitão.	
Idem	crenulata	Wood.	*Idem*.	
Idem	scopulorum	Brown	Mutella, Rego, Palma, Carnide, P. Brandão, Olivaes.	
Idem	ornata	Ag.	Mutella.	
Idem	hiatelloides	Bast.	*Idem*.	
Idem	borealis	Linn.	Olivaes.	
Diplodonta	lupinus	Brocc.	Mutella, P. Brandão.	
Idem	rotundata	Mont.	Mutella, Rego, Palma do Cima, Carnide, Campo Pequeno, P. Brandão.	
Idem	sp.	.....	Rego, P. Brandão.	
Kellia (Erycina).	rubra	Mont.	Mutella.	
Astarte	sp.	.....	*Idem*.	
Cardilia	Deshayesi	Hörn.	*Idem*.	
Cardita	hippopea	Bast.	Mutella, Rego, Carnide.	
Idem	Jouanneti	*Idem*	Mutella.	
Idem	analis?	Phil.	Azeitão.	
Idem	sp.	.....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos, Palma, Prazeres, P. Brandão, Campo Pequeno, Azeitão.	Plusieurs.
Venus	plicata	Gmel.	Mutella, P. Brandão, Olivaes, Palma, Azeitão.	
Idem	umbonaria	Ag.	Mutella, P. Brandão, Olivaes, Palma, Rego.	
Idem	ovata	Pennant.	Mutella, Rego.	
Idem	Brongniarti	Payr.	Mutella.	
Idem	casinoides?	Lamk.	Rego.	
Idem	imbricata	Wood.	Rego, Palma.	
Idem	senilis	Brocc.	Rego.	
Idem	sp.	.....	Azeitão.	Sp. aff. clathrata
Idem	dysera	Brocc.	P. Brandão, Olivaes.	Non Linn. selon Desh.
Idem	sp.	.....	P. Brandão.	
Cytherea	multilamella	Lamk.	Mutella, Prazeres, Carnide, P. Brandão.	
Idem	Duboisi	*Idem*	Mutella, Rego.	
Idem	sp. n.	.....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos.	
Idem	sp. n.	.....	Mutella, Campo Pequeno, Olivaes.	
Idem	sp. n.	.....	Mutella.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
THERKA.....	sp. n.....	.....	Mutella.	
m.....	sp. n.....	.....	*Idem.*	
m.....	Brauni.....	Ag.....	*Idem.*	
m.....	Chione.....	Linn.....	Rego.	
m.....	suberycinoides..	Desh.....	*Idem.*	
m.....	erycina.....	Lamk.....	P. Brandão, Palma.	
m.....	sp.....	.....	P. Brandão, Rego, Prazeres.	
m.....	erycinoides.....	Lamk.....	P. Brandão.	
IBIS?	sp.....	.....	Azeitão.	
SINIA.....	Basteroti.....	d'Orb.....	Mutella.	
'ES.....	sp. n.....	.....	Mutella, Carnide.	
m.....	sp. n.....	.....	Mutella, Olivaes.	
m.....	vetula.....	Bast.....	Mutella, Olivaes, P. Brandão, Rego, Palma.	
m.....	sp.....	.....	Palma, Carnide, Azeitão, P. Brandão, Olivaes.	
m.....	sp. n.....	.....	Olivaes, P. Brandão.	
m.....	Basteroti.....	Mayer....	Olivaes.	
CYRA.....	triangula.....	Renieri....	Mutella, P. Brandão.	
m.....	deltoides.....	Bast.....	Carnide.	
m.....	striatella.....	*Idem*.....	*Idem.*	
TRARIA.....	latissima.....	Desh.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes, Carnide.	
m.....	oblonga.....	Chemn....	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	
m.....	sanna.....	Bast.....	Prazeres, P. Brandão, Rego, Carnide, Campo Pequeno.	
m.....	primipera.....	Eichw.....	Carnide, P. Brandão.	
LLINA.....	elliptica.....	Bronn.....	Mutella.	
m.....	compressa.....	Brocc.....	Mutella, P. Brandão.	
m.....	subelegans.....	d'Orb.....	Mutella.	
m.....	sp. n.....	.....	Mutella, P. Brandão, Palma, Carnide. Olivaes.	
m.....	sp. n.....	.....	Mutella, P. Brandão.	
m.....	tumida.....	Brocc.....	Mutella, P. Brandão, Rego, Carnide, Olivaes.	
m.....	Desmoulinsi....	Desh.....	Mutella, Olivaes.	
m.....	sp.....	.....	Carnide, P. Brandão.	
AGILIA.....	sp. n.....	.....	Mutella, Rego, Carnide, Campo Pequeno, Olivaes, P. Brandão.	
MEMORIA.....	univadiata?.....	Brocc.....	P. Brandão.	
m.....	sp. n.....	.....	Azeitão, Mutella, P. Brandão.	
m.....	Labordei.....	Bast.....	P. Brandão.	
m.....	muricata?.....	Brocc.....	*Idem.*	Variété.
VILIA.....	pusilla?.....	Phil.....	Mutella.	
NAX.....	transversa.....	Desh.....	*Idem.*	
EURODESMA....	Mayeri.....	Hörn.....	P. Brandão.	

GENRES.	ESPÈCES.	AUTEURS.	LOCALITÉS.	OBSERVATIONS.
Solen.....	vagina.....	Linn.....	Mutella.	
Idem.....	Burdigalensis...	Desh.....	Carnide, Palma do Cima, Olivaes.	
Psammosolen....	strigillatus.....	Linn.....	Mutella, P. Brandão, Rego, Carnide.	
Idem.....	coarctatus.....	Gmel.....	*Idem*.	
Polia.....	legumen.....	Linn.....	Mutella.	
Mya.....	sp. n.....	.....	Azeitão, P. Brandão, Olivaes, Mutella, Carnide, Rego.	
Mya (Tugonia)..	sp.....	.....	Azeitão, P. Brandão, Olivaes.	
Tugonia.....	sp.....	.....	Mutella.	
Corbula.....	gibba.....	Olivi.....	Mutella, Olivaes.	
Idem.....	carinata.....	Duj.....	Mutella, Carnide, Azeitão, Prazeres, P. Brandão.	
Nemera.....	cuspidata.....	Brocc.....	Mutella.	
Idem.....	sp.....	.....	*Idem*.	
Panopæa.....	sp. n.....	.....	Mutella, Olivaes, Azeitão, Rego, Campo Pequeno.	
Idem.....	Menardi.....	Desh.....	Mutella, Olivaes, P. Brandão.	
Idem.....	Faujasi?.....	Menard...	Mutella, Olivaes, P. Brandão, Carnide.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
Theracia.....	pubescens.....	Pult.....	Mutella, P. Brandão, Olivaes.	
Gasterochæna...	dubia.....	Pennant...	Mutella, Azeitão.	
Idem.....	sp.....	.....	P. Brandão.	
Clavagella.....	Brocchii.....	Lamk.....	Mutella.	
Idem.....	sp.....	.....	Mutella, Rego, Carnide, Entre Campos, Campo Pequeno, P. Brandão, Olivaes.	
Pholas.....	altior.....	Sow.....	P. Brandão.	

Annexe n° 2.

COMMISSIONS GÉOLOGIQUES
EN EXERCICE AUX ÉTATS-UNIS EN 1878,

PAR M. W. BLAKE,

VICE-PRÉSIDENT DE L'INSTITUT AMÉRICAIN DES INGÉNIEURS DES MINES.

I.

EXPLORATIONS ENTREPRISES AUX FRAIS DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL.

1. Relevés topographiques et géologiques à l'ouest du 100e méridien (département de la guerre), Georges-M. Wheeler, *directeur*.

2. Relevés géologiques et géographiques des Territoires des États-Unis (département de l'intérieur, première division): F.-W. Hayden, *directeur;* (seconde division) : J.-W. Powell, *directeur*.

3. Relevé topographique et géologique du 40e parallèle (département de la guerre): Clarence King, *directeur* [1].

II.

COMMISSIONS GÉOLOGIQUES ENTRETENUES AUX FRAIS DES ÉTATS PARTICULIERS.

	Directeurs.		Directeurs.
1. New-Hampshire..	C.-H. Hitchcoch.	8. Alabama.....	Eugène-A. Smith.
2. New-York.....	James Hall.	9. Tennessee....	J.-M. Safford.
3. New-Jersey.....	G.-H. Cook.	10. Kentucky.....	N.-S. Shaler.
4. Pennsylvania....	J.-P. Lesley.	11. Wisconsin....	J.-C. Chamberlin.
5. Ohio.....	J.-S. Newberry.	12. Minnesota....	N.-H. Winchell.
6. North-Carolina..	W.-C. Kerr.	13. Indiana.....	D. Collett.
7. Georgia.....	George-A. Little.	14. Michigan.....	Rominger.

[1] Par un acte du Congrès fédéral en date de 1879, toutes les explorations susmentionnées sont désormais placées sous la direction supérieure de M. Clarence King, nommé géologue en chef.

Annexe n° 3.

DOCUMENTS RELATIFS AUX COLLECTIONS GÉOLOGIQUES

QUI ONT FIGURÉ À L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

Le Comité fondateur de Philadelphie, dans sa circulaire de septembre 1876, avait insisté sur l'utilité que présenterait, à l'Exposition universelle de Paris, la réunion de collections géologiques générales, nombreuses et classées d'après un système commun. Il avait indiqué, parmi les plus intéressantes à rassembler :

1° Des collections de schistes cristallins et de roches éruptives, avec les formations dites *de contact*, et les altérations produites dans les terrains non cristallins par les roches d'épanchement; avec tous les accidents minéralogiques qu'elles présentent ou les débris organiques qu'elles peuvent contenir; enfin avec les préparations nécessaires à l'étude microscopique;

2° Des collections de restes organiques appartenant aux assises sédimentaires les moins connues, notamment aux terrains désignés sous les noms de *cambrien, taconique* et *primordial;*

3° Des collections de cartes, coupes, plans et modèles pour l'étude de l'unification des figurés géologiques (échelle, coloriage, symboles, etc.).

Bien que les envois faits à l'Exposition universelle et disséminés dans les différentes salles du Palais n'aient point réalisé complètement les vœux du Comité fondateur [1], ils formaient, à côté des grandes collections de Paris, un ensemble digne de l'attention du Congrès. Le Comité d'organisation s'est préoccupé des meilleurs moyens à adopter pour en faciliter l'étude.

Il a décidé qu'il serait dressé un catalogue des collections de géologie, de paléontologie et de minéralogie envoyées à l'Exposition universelle, et que ce catalogue serait complété par l'indication des collections publiques ou privées renfermant les séries les plus intéressantes à consulter. Pour la géologie, ces documents ont été disposés d'abord selon l'ordre chronologique des terrains, et ensuite classés par pays, établissements ou collections.

Ce catalogue a pris le titre de *Guide du géologue à l'Exposition universelle de 1878 et dans les collections publiques ou privées de Paris.*

La première partie (*Catalogue par ordre stratigraphique*) a été rédigée par M. Hébert,

[1] De grandes collections géologiques et paléontologiques, provenant des terrains paléozoïques des États de New-York, de Pensylvanie et de New-Jersey, avaient été préparées par les soins de MM. James Hall, Lesley et Cook. Mais arrivées trop tard pour pouvoir être exposées au palais du Champ de Mars, elles ont été données à la Sorbonne. Ces belles séries contiennent environ 1,600 échantillons de roches et fossiles, qui représentent surtout les étages du terrain primaire.

Enfin, l'intéressante série de fossiles du terrain silurien que M. Alfr. Selwyn avait exposée au trophée du Canada, a été donnée par le Gouvernement canadien à l'Université catholique de Paris. Elle comprend 109 échantillons.

président du Comité, avec le concours de plusieurs membres de la Société géologique qui ont bien voulu fournir d'intéressantes notices.

La deuxième partie (*Catalogue par pays et collections*) a été dressée principalement par M. Ch. Vélain, maître de conférences de géologie à l'École des hautes études et l'un des secrétaires du Comité.

La troisième partie (*Minéralogie*) est l'œuvre de M. Jannettaz, maître de conférences de minéralogie à l'École des hautes études et secrétaire général du Comité.

M. Bioche a donné, pour l'ensemble du travail, le concours le plus dévoué et le plus utile.

Par son double caractère, non seulement cet ouvrage offre un intérêt historique comme catalogue raisonné des matériaux géologiques qui ont figuré à l'Exposition de 1878, mais, en outre, il conserve une utilité pratique comme guide descriptif des grandes collections de Paris.

Quelques-unes des notices qu'il contient se rattachent spécialement aux travaux du Congrès et sont insérées ci-après.

I.

NOTE SUR QUELQUES COLLECTIONS DE PLANTES FOSSILES DU TERRAIN CARBONIFÈRE SUPÉRIEUR,

PAR M. ZEILLER,

INGÉNIEUR DES MINES.

Il nous paraît utile d'appeler spécialement l'attention des membres du Congrès sur quelques collections de plantes carbonifères exposées au Champ de Mars ou dans les Musées publics. La division du terrain houiller, ou carbonifère supérieur, en deux grands étages, établie par M. Grand'Eury, nous avait frappé depuis longtemps, et nous croyons qu'il suffira d'examiner avec quelque soin les collections où la flore houillère se trouve le mieux représentée, pour en reconnaître la parfaite exactitude.

Nous ne pouvons citer ici toutes les plantes intéressantes qui se trouvent au Muséum ou à l'École des mines, mais nous signalerons du moins les plantes les plus caractéristiques de chacun de ces deux étages. D'abord, pour l'étage inférieur, qui comprend notamment les couches de charbon de la Westphalie, de la Belgique, du nord de la France, et la plupart de celles de l'Angleterre, on pourra voir, abondamment représentées, surtout à l'École des mines : les *Annularia radiata*, Brgt. (sp.); *Sphenophyllum saxifragæfolium*, Sternb. (sp.); *Sphenopteris irregularis*, Sternb.; *S. coralloïdes*, Gutb.; *S. furcata*, Brgt.; *Nevropteris gigantea*, Sternb.; *N. heterophylla*, Brgt.; *Dictyopteris sub-Brongniarti*, Gr. Eury; *Pecopteris nervosa*, Brgt.; *P. muricata*, Brgt.; *P. abbreviata*, Brgt.; *Alethopteris Serli*, Brgt.; *A. lonchitica*, Brgt.; *A. Mantelli*, Brgt.; *A. Dournaisi*, Brgt.; *Lonchopteris rugosa*, Brgt.; *Lepidodendron obovatum*, Sternb.; *L. aculeatum*, Sternb.; *Lepidophloïos laricinus*, Sternb.; *Bothrodendron punctatum*, L. et H.; *Sigillaria tessellata*, Brgt.; *S. mamillaris*, Brgt.; *S. elliptica*, Brgt.; *S. Cortei*, Brgt.; *S. elongata*, Brgt., et *S. lævigata*, Brgt.

Il peut être intéressant en outre de signaler, dans la collection donnée à l'École des mines par M. du Souich, l'existence de beaux exemplaires d'espèces récemment décrites, telles que le *Rhytidodendron minutifolium*, N. Boulay, ou non encore signalées dans le bassin houiller du Nord, telles que le *Sigillaria cuspidata*, Brgt., d'Anzin, fosse Thiers, veine Meunière levant, et le *Megaphyton giganteum*, Feist, d'Anzin, fosse

Chaufour, moyenne veine, qui est, à notre connaissance, le premier tronc de fougère trouvé dans ce bassin.

Quant aux belles collections exposées au Champ de Mars, leur rapprochement conduit à des résultats intéressants : la première est celle de la Compagnie des mines de Béthune, recueillie par M. Crépin, ingénieur des houillères de Bully-Grenay, et qui est exposée sous le n° 112 dans la classe 50, annexe La Bourdonnaye; cette collection, classée par veines, comprend les principales espèces qui suivent : *Calamites Suckowi*, Brgt.; *C. Cisti*, Brgt.; un *Asterophyllites* étiqueté *A. equisetiformis*, mais différant un peu par sa forme plus grêle de l'espèce du terrain houiller supérieur à laquelle on attribue ce nom; *Annularia radiata*, Brgt.; *A. sphenophylloïdes*, Zenk. (sp.); *A. longifolia*, Brgt.; *Sphenophyllum erosum*, L. et H.; *Sphenopteris irregularis*, Sternb.; *S. latifolia*, Brgt.; *S. coralloïdes*, Gutb. (sous le nom de *S. Hœninghausi*); *S. stipulata*, Guth.; *S. artemisiæfolia*, Brgt.; et quelques autres, dont un, notamment, étiqueté *S. tridactylites*, est certainement très différent de cette espèce propre à l'étage du culm, et se rapporterait plutôt au *S. meifolia*, Sternb.; *Pecopteris nervosa*, Brgt.; *P. dentata*, Brgt.; *P. abbreviata*, Brgt., étiqueté *P. Miltoni*, mais identique avec les échantillons types du *P. abbreviata* que nous avons pu voir au Muséum; quelques-uns des échantillons de cette espèce présentent très nettement la fructification en *Asterotheca* que M. Grand'Eury a fait connaître pour plusieurs *Pecopteris* du terrain houiller supérieur; *Alethopteris Serli*, Brgt. (dont quelques exemplaires sous le nom d'*A. lonchitica*); *Nevropteris heterophylla*, Brgt.; *Dictyopteris sub-Brongniarti*, Gr. Eury (étiqueté *D. Brongniarti*); *Rhacophyllum lactuca*, Sternb. (sp.); *Lepidodendron aculeatum*, Sternb.; *L. cœlatum*, Brgt. (sp.); *Lepidophloïos laricinus*, Sternb.; *Syringodendron alternans*, Sternb.; *Sigillaria tessellata*, Sternb. (sp.); *S. mamillaris*, Brgt.; *S. scutellata*, Brgt. (?) (sous le nom de *S. Schlotheimi*); *S. Cortei*, Brgt.; *S. Schlotheimi*, Brgt.; *S. latecostata*, N. Boulay; *S. lævigata*, Brgt., et *Stigmaria ficoïdes*, Brgt.; enfin des *Dorycordaïtes* avec de nombreuses graines éparses. Cette flore indique que les couches de Bully-Grenay appartiennent à la partie supérieure du terrain houiller moyen; deux espèces notamment, l'*Annularia sphenophylloïdes*, et l'*A. longifolia* qui n'avait pas encore été trouvé dans le Nord, sont plutôt propres à l'étage supérieur, surtout ce dernier qui indique un niveau plus élevé encore que l'*A. sphenophylloïdes*.

Or, nous retrouvons presque toutes les mêmes espèces, sauf cependant l'*Annularia longifolia*, dans la magnifique collection des Charbonnages du Levant du Flénu, exposée dans la section belge sous le n° 661, classe 43. Cette collection comprend 126 échantillons, dont il nous paraît nécessaire de donner de même la liste à peu près complète : N°s 1 et 2, *Calamites Suckowi*, Brgt.; 3 à 6, *C. Cisti*, Brgt.; 7, 8 et 10, *Asterophyllites equisetiformis*, identique avec celui de Bully-Grenay; 9, *Volkmannia* rapporté à cet astérophyllite; 11 et 12, *A. grandis* (?), Sternb. (sp.); 13, *Annularia minuta*, Brgt.; 14 et 15, *A. sphenophylloïdes*, Zenk. (sp.); 16 et 17, *A. radiata*, Brgt. (sp.); 18 et 19, *Sphenophyllum erosum*, L. et H. (plutôt que *S. emarginatum*); 20, *S. longifolium*, Germ.; 21, *S. saxifragæfolium*, Sternb. (sp.); 23 et 24, *Sphenopteris irregularis*, Sternb.; 25, *S. furcata*, Brgt.; 26 et 27, *S. coralloïdes*, Gutb.; 28, *S. palmata*, Sch.; 29, 30 et 31, *S. Essinghii*, Andræ, dont l'un nettement fructifié, chaque pinnule portant à sa face inférieure un seul groupe de cinq à six gros sporanges disposés en étoile, munis d'un anneau élastique très net placé dans un plan parallèle au limbe, partant par conséquent du centre du groupe et occupant les deux côtés de chaque sporange[1], mais qu'on ne voit pas se refermer, soit que l'anneau ne soit pas complet, soit qu'on ne puisse, à cause de sa position un peu oblique, l'observer dans son entier; 32, *S. Gut-*

[1] Ces sores ou groupes de sporanges rappellent ceux du *Laccopteris Münsteri*, Schenk, *Foss. Fl. d. Grenzschichten Keupers und Lias Frankens*, pl. XXIV, fig. 9.

bieri, Gein.; 34, *S. microloba*, Gœpp.; 35 à 37, *S. pulcherrima*; Crépin mss.; 38 et 39, *S. microscopica*, Crépin mss.; un de ces échantillons se montre aussi fructifié, les bords des lobes des pinnules étant occupés par deux ou trois groupes de petits sporanges qui semblent réunis par quatre en étoile, sans qu'on y distingue d'anneau élastique; 40 à 42, *S. artemisiæfolia*, Brgt.; sur un de ces échantillons se trouve un gros épi de *Sphenophyllum* présentant de la façon la plus nette des sporanges épiphylles, probablement des microsporanges, fixés sur les bractées à une certaine distance du point d'attache de celles-ci, ainsi que M. B. Renault l'a indiqué[1] et que nous l'avons observé nous-même positivement sur un échantillon de *S. saxifragæfolium* d'Anzin; 43 à 45, *Pecopteris longifolia*, Presl. (non Brgt.); 46, *P. silesiaca*, Gœpp. (sp.); 47 et 48, *P. nervosa*, Brgt.; 49 à 52, *Alethopteris Serli*, Brgt. (sous le nom d'*A. lonchitica*); 53, *Dictyopteris sub-Brongniarti*, Gr. Eury (étiqueté *Nevropteris gigantea*); 54 et 55, *Nevropteris gigantea*, Sternb.; 58, *N. heterophylla*, Brgt.; 59 et 60, *Lycopodium primævum*, Gold.; 61 à 66, *Lepidodendron aculeatum*, Sternb.; 67 et 68, *L. Sternbergi*, Brgt.; 69 et 70, *L. brevifolium*, Ett.; 71, *Lepidophloïos laricinus*, Sternb.; 72, *Knorria*...; 73, *Halonia*...; 74, *Lepidostrobus Geinitzi*, Sch.; 75, *L. variabilis*; 76 à 79, *Lepidostrobus* dont quelques-uns présentent des écailles chargées de grosses macrospores et se rapprochent beaucoup du *L. Russellianus*, Binney; 80 à 83, *Syringodendron alternans*, Sternb.; 84, *Sigillaria sexangula*, Sauveur, espèce à laquelle paraissent devoir se rapporter aussi les échantillons 89, 94, 96, 100 et 108, qui correspondraient à un âge plus avancé de la tige; 87, *Sigillaria tessellata*, Brgt.; 88, 93 et 112, *Sigillaria elegans*, Brgt.; 104, *S. hexagona*, Brgt.; 116, *S. mamillaris*, Brgt.; 98, 99 et 101, *S. elliptica*, Brgt., avec ses variétés; 115, *S. pulchella*, Sauveur; 102 et 117, *S. notata*, Brgt.; 109, *S. elongata*, Brgt.; 106, *S. Deutschiana*, Brgt.; 85 et 86, *S. grandis*, Sauveur; 91, *S. peltata*, Sauveur, ces deux dernières espèces se rapprochant beaucoup du *S. lævigata*, Brgt.; 97, *S. reniformis*, Brgt.; 118 à 122, *Stigmaria ficoïdes*, Brgt.; 123 et 124, rameau et inflorescence de *Cordaïtes*; 125 et 126, *Rhacophyllum lactuca*, Sternb. (sp.).

On voit que la plupart de ces espèces sont communes au Flénu et à Bully-Grenay, notamment les *Asterophyllites equisetiformis* (?), *Annularia sphenophylloides*, *Sphenopteris coralloïdes*, *Dictyopteris sub-Brongniarti*, *Rhacophyllum lactuca*, qui ne se trouvent pas dans toute la hauteur du bassin et constituent par suite un bon repère pour la détermination de l'âge. On peut donc en induire que les couches de Bully-Grenay et celles du Levant du Flénu doivent appartenir au même niveau, les premières étant peut-être un peu plus récentes, eu égard à la présence de l'*Annularia longifolia*.

A côté de cette belle collection se trouve la jolie série de végétaux houillers exposée sous le n° 656 par la Société des charbonnages de Monceau-Fontaine et du Martinet, et comprenant les espèces suivantes : *Calamites Suckowi*, Brgt.; *C. Cisti*, Brgt.; *Sphenopteris latifolia*, Brgt.; *Pecopteris plumosa*, Brgt.; *P. dentata*, Brgt.; *P. muricata*, Brgt.; *Alethopteris Serli*, Brgt.; *A. Mantelli*, Brgt.; *A. lonchitica*, Brgt.; *Lonchopteris Rœhli*, Andræ; *Nevropteris heterophylla*, Brgt.; *N. flexuosa*, Brgt.; *Lepidodendron Sternbergi*, Brgt.; *Halonia tuberculata*, Brgt.; *Syringodendron alternans*, Sternb.; *Sigillaria ovata*, Sauv.; *S. peltata*, Sauv. Il faudrait, sans doute, une flore plus complète pour conclure positivement, car l'absence de certaines espèces peut n'être qu'accidentelle; cependant la présence du genre *Lonchopteris* indiquerait un niveau inférieur à celui des couches du Flénu, et plutôt le milieu que le haut du terrain houiller moyen.

Pour l'étage supérieur du terrain houiller, nous citerons aussi les plantes caractéristiques qu'on pourra voir au Muséum et à l'École des mines, où la flore de cet étage

[1] B. Renault, *Ann. des scienc. nat.*, *6e série*, *Bot.*, t. IV, p. 303; *Nouv. recherches sur la structure des Sphenophyllum*.

figure au complet; ces espèces caractéristiques sont surtout : les *Annularia sphenophylloïdes*, Zenker (sp.), et *A. longifoliæ*, Brgt.; *Sphenophyllum oblongifolium*, Germar, et *S. Thonii*, Mahr; *Macrostachya infundibuliformis*, Schimper; *Odontopteris Brardi*, Brgt., et *O. Reichiana*, Gutb.; *Dictyopteris Brongniarti*, Gutb., et *Schützei*, Rœm.; *Callipteridium ovatum*, Brgt. (sp.); *Pecopteris arborescens*, Brgt.; *P. cyathea*, Brgt.; *P. Candolleana*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *P. Pluckeneti*, Brgt.; *Alethopteris Grandini*, Brgt. (sp.); *Caulopteris peltigera*, Brgt.; *C. macrodiscus*, Brgt.; *Megaphyton MacLayi*, Lesq.; *Sigillaria Brardi*, Brgt.; *S. spinulosa*, Germ.; *Calamodendron cruciatum*, Sternb. (sp.); *Poacordaites linearis*, Gr. Eury; *Dicranophyllum gallicum*, Gr. Eury.

Nous donnerons ici la liste des espèces représentées à l'Exposition pour l'étage supérieur du terrain houiller :

1° Exposition de Decazeville; collection recueillie par M. Nougarède, ingénieur principal des houillères : *Asterophyllites equisetiformis*, Schloth. (sp.); *Macrostachya infundibuliformis*, Schimper; *Annularia longifolia*, Brgt.; *Odontopteris minor*, Brgt.: *Dictyopteris Brongniarti*, Gutb.; *Pecopteris cyathea*, Brgt.; *P. arborescens*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *Alethopteris Grandini*, Brgt. (sp.); *Sigillaria spinulosa*, Germ.; *Calamodendron cruciatum*, Sternb. (sp.); et enfin un superbe rameau de *Walchia piniformis*, Sternb., dans des grès qui sont peut-être déjà permiens.

2° Annexe La Bourdonnaye. — Firminy : *Odontopteris Reichiana*, Gutb.; *O. Schlotheimi*, Brgt.; *Alethopteris Grandini*, Brgt. (sp.); *Pecopteris cyathea*, Brgt.; *Sigillaria lepidodendrifolia*, Brgt.

Roche-la-Molière : *Annularia longifolia*, Brgt.; *Macrostachya infundibuliformis*, Schimper; *Asterophyllites hippuroïdes*, Brgt.; *Odontopteris Reichiana*, Gutb.; *Pecopteris cyathea*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *P. Pluckeneti*, Brgt.; *Goniopteris arguta*, Brgt.; *Lepidostrobus fastigiatus*, Gœpp.; *Sigillaria lepidodendrifolia*, Brgt.; *Stigmaria ficoïdes*, Brgt.; *Syringodendron distans*, Gein.; *S. alternans*, Sternb.; *Stigmariopsis inæqualis*, Gr. Eury; *Cordaïtes....; Cordaicarpus Gutbieri*, Gein.; *Carpolithes disciformis*, Sternb.

3° Pavillon du Creusot. — Le Creusot : *Pecopteris arborescens* et *P. cyathea*, Brgt.; Montchanin : *Annularia longifolia*, Brgt.; *Pecopteris cyathea*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *Odontopteris minor*, Brgt.; *Cordaïtes...; Artisia angularis*, Daws. (?); *Calamodendron*.

Decize (Nièvre) : *Pecopteris polymorpha*, Brgt.; *Alethopteris Grandini*, Brgt. (sp.); *Doleropteris...; Sigillaria Brardi*, Brgt.; *Calamodendron*.

Brassac : *Pecopteris arborescens*, Brgt.; *P. cyathea*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *P. Bioti*, Brgt.; *Calamodendron*.

Montaud, près Saint-Étienne : *Annularia sphenophylloïdes*, Zenk. (sp.); *A. longifolia*, Brgt.; *Pecopteris cyathea*, Brgt.; *P. polymorpha*, Brgt.; *Alethopteris Grandini*, Brgt. (sp.); *Odontopteris minor*, Brgt.; *O. Reichiana*, Gutb.; *Rhacophyllum lactuca*, Sternb. (sp.); *Calamodendron*.

4° Exposition de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État. — Mines de Szekul (Hongrie) : *Calamites Cisti*, Brgt.; *Annularia longifolia*, Brgt.; *Pecopteris arborescens*, Brgt.; *P. cyathea*, Brgt.; *P. hemitelioïdes*, Brgt.

Ces diverses flores ne seraient pas, sans doute, assez complètes pour permettre de fixer l'âge relatif de ces divers bassins; mais elles suffisent pour montrer qu'ils appartiennent tous au terrain houiller supérieur, et l'on peut remarquer qu'il n'y a, pour ainsi dire, aucune espèce commune avec les terrains houillers du Nord et de la Belgique, dont nous avons parlé plus haut.

Nous tenons à faire remarquer, en passant, que ces différences entre la flore des bassins du Nord et de la Belgique et la flore des bassins du centre de la France ne

peuvent pas être attribuées seulement à des différences de station ou de sol à une même époque, car, dans les couches les plus élevées des premiers, on voit apparaître déjà quelques plantes caractéristiques de l'étage supérieur, et la flore s'y montre presque la même que dans les couches les plus basses des bassins du Centre et du Midi. Les conditions de sol et de station étaient donc les mêmes sur ces deux bassins, ou du moins n'avaient pas grande influence sur la végétation, et les différences de flore correspondent ainsi bien réellement à des différences d'âge.

Il n'est pas sans intérêt d'ajouter quelques observations au sujet des plantes de Queensland et de la Nouvelle-Galles du Sud, classées par M. Wilkinson, chef du service géologique de cette dernière colonie, dans le terrain carbonifère véritable (*Upper Coal Measures*), et qui nous paraissent caractériser une époque beaucoup plus récente.

Il est à remarquer que la plupart des géologues qui se sont occupés de ces formations ont été conduits par les caractères de la faune à les regarder en effet comme paléozoïques, et qu'au contraire, examinées au point de vue botanique, elles ont toujours été rangées dans l'étage oolithique. Elles reposent directement et en stratification concordante sur des couches dont M'Coy (*Ann. and Mag. of Natural History*, t. XX, p. 155) les séparait dès 1847, et dont les fossiles indiquent en effet le terrain dévonien et le terrain carbonifère inférieur. On trouve également dans ces dernières couches quelques fossiles végétaux; d'abord, à la base, le *Lepidodendron nothum*, Ung., ou peut-être *L. quadratum*, Presl. (sp.), représenté dans la collection de la Nouvelle-Galles du Sud par les échantillons n°s 36 et 48, et classé par M. Wilkinson dans le dévonien; ensuite, à Port-Stephens, classées dans le carbonifère avec des *Spirifer*, *Productus*, *Euomphalus*, etc., et dans les mêmes roches, diverses espèces qui correspondent bien au terrain carbonifère inférieur; nous citerons d'abord, de cette localité, un *Knorria* et des *Lepidodendron* peu déterminables, puis de belles empreintes étiquetées *Otopteris ovata*, dont l'une, représentée seulement par une photographie (n° 54), est accompagnée d'un *Lepidodendron* assez peu discernable, et qui nous paraissent être, non point des *Otopteris*, mais bien des *Palæopteris*, et, selon toute vraisemblance, le *P. M'Coyana*, Gœpp. (sp.); avec l'un de ces *Palæopteris* (n° 64), nous avons remarqué un *Sphenopteris* appartenant au groupe du *S. dissecta*; enfin, un autre échantillon (n° 66) porte l'empreinte d'une fougère à pinnules très divisées, qui pourrait à la rigueur n'être qu'un *Palæopteris* lacéré à la suite de la macération, mais qui cependant nous semble devoir être rapporté au *Sphenopteridium dissectum*, Gœpp. (sp.), qui est aussi du carbonifère inférieur.

Quant aux couches de charbon elles-mêmes, les empreintes qui en proviennent et qui sont rangées dans la collection du Département des mines de Sidney sous les n°s 140 à 175, avec le titre *Upper Coal Measures*, nous montrent les espèces suivantes : *Vertebraria australis*, M'Coy; *Phyllotheca Hookeri*, M'Coy; *Ph. australis*, Brgt.; *Ph. ramosa*, M'Coy; une Équisétacée à feuilles presque complètement soudées en une gaine dentée, lâche, formant un entonnoir très ouvert, presque étalée, étiquetée *Phyllotheca* et qui nous semblerait plutôt appartenir à un *Equisetum*; *Glossopteris Browniana*, Brgt.; *G. linearis*, M'Coy [1]; *Sphenopteris hastata* (?), M'Coy, et un *Echinostrobus* qui nous paraît être l'*E. expansus*, Sternb. (sp.). Le genre *Phyllotheca*, découvert en Australie, ne pouvait en 1847, à l'époque où M'Coy écrivait sa notice, servir de base à des déductions positives, puisqu'il n'avait pas encore été rencontré ailleurs; mais il a été retrouvé depuis lors dans les couches de Nagpur, aux Indes Orientales, considérées comme oolithiques, et dans lesquelles on trouve aussi les *Glossopteris*, ainsi que le faisait re-

[1] Les collections de la Sorbonne renferment aussi de beaux *Phyllotheca* et *Glossopteris* de Newcastle (N. S. W.).

marquer M'Coy; plus récemment, M. de Zigno en a signalé dans l'oolithe du Véronais deux espèces très voisines des espèces australiennes, et M. O. Heer en a fait connaître une autre du terrain jurassique de la Sibérie. Enfin le genre *Echinostrobus*, qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été signalé en Australie, est spécial au terrain jurassique, et l'*E. expansus*, que nous croyons avoir reconnu parmi ces échantillons, appartient à l'étage inférieur, à l'oolithe de Scarborough.

Notons que les fossiles des *Upper Coal Measures* qui figurent dans les vitrines de l'exposition de la Nouvelle-Galles du Sud sont exclusivement des fossiles végétaux, et qu'on ne rencontre plus avec eux aucune des coquilles paléozoïques, *Spirifer*, *Euomphalus* ou *Productus*, des couches inférieures; il y a bien, sous le n° 96, une empreinte de *Glossopteris* avec *Phyllotheca*, classée dans le catalogue par M. Wilkinson avec ces coquilles, parmi les *Lower Coal Measures* (*Lower marine beds*); mais cette empreinte est sur une roche absolument différente de celles qui accompagnent ces fossiles, et semblable, au contraire, au grès schisteux des *Upper Coal Measures*.

Il nous paraît donc certain que ces schistes à *Phyllotheca*, *Glossopteris* et *Echinostrobus* doivent être regardés comme tout à fait distincts des couches anciennes à fossiles marins et à *Palæopteris* sur lesquelles ils reposent, et dont ils seraient séparés par une lacune considérable, accusée par le changement qui s'est opéré dans la flore.

Le genre *Phyllotheca* se retrouve d'ailleurs encore plus loin dans la même collection, en empreinte sur des roches semblables, et classé alors, sous le n° 179, dans le trias, comme appartenant à l'étage de Hawkesbury et de Wianamatta que M'Coy rangeait dans l'oolithe avec les couches à plantes. Quant au *Pecopteris* de cet étage provenant de Clarence-River et classé sous le n° 180, il nous paraît appartenir plutôt au genre *Dichopteris*, qui est également jurassique.

Enfin, les empreintes de Queensland, exposées par M. Foote sous le n° 230 et provenant des mines de charbon d'Ipswich, ne sont pas moins instructives. Elles comprennent en effet les plantes suivantes: *Sphenopteris elongata*, Carr., dont un magnifique échantillon établit de la façon la plus nette que cette espèce appartient au genre *Stenopteris*, Sap., trouvé jusqu'ici seulement dans l'étage kimméridien; *Pecopteris odontopteroïdes*, Morris, que M. Schimper rangeait déjà dans le genre essentiellement jurassique *Cycadopteris*, et qui nous paraît devoir rentrer plutôt dans les *Ctenopteris*, que M. de Saporta en a séparés; *Pecopteris australis*, Morr., en spécimens très abondants; cette espèce se rapporte évidemment au genre *Cladophlebis*, Brgt., qui est également jurassique; elle se rapproche du *Cl. whitbyensis*, Brgt., et surtout du *Cl. denticulata*, Brgt., qui viennent tous deux de l'oolithe de Scarborough. Enfin, ce qui est plus caractéristique encore, c'est une feuille parfaitement nette de *Gingko*, indiquée au catalogue comme *Cyclopteris*, qui est voisine du *Gingko integriuscula*, Heer, du terrain jurassique de Sibérie, mais nous paraît en différer cependant par sa taille plus grande et par son bord absolument entier; ce genre de conifère n'a jusqu'ici jamais été rencontré dans les formations antérieures au terrain jurassique, et sa présence à Ipswich est du plus haut intérêt. Ajoutons que, comme dans la Nouvelle-Galles du Sud, on connaît à Queensland, sous les terrains à charbon, des couches dévoniennes renfermant également, avec les fossiles marins, quelques empreintes végétales, et notamment le *Lepidodendron nothum*, Ung. M. Daintree, dans ses *Notes sur la géologie de Queensland* [1], distinguait dans les formations carbonifères de cette colonie deux systèmes, et classait le système supérieur, d'où proviennent ces diverses espèces, dans les terrains mésozoïques, laissant au contraire dans le carbonifère véritable, avec les couches à *Productus* et à *Spirifer*, le système inférieur, caractérisé par les *Glossopteris*. Mais dans

[1] Daintree, *Quarterly Journal*, t. XXVIII, p. 271; 1872.

une note qui suit le travail de M. Daintree, M. Carruthers [1] discutait cette idée, et, séparant toutes les couches à plantes des couches à fossiles marins, concluait ainsi : « Mes recherches me conduisent à considérer les deux systèmes comme étant presque du même âge et à les ranger, d'accord avec Morris, M'Coy, Bunbury et Zigno, dans la période oolithique. »

Nous ne pouvons, quant à nous, conclure différemment, et il nous paraît que la présence du genre *Echinostrobus* dans les couches de la Nouvelle-Galles du Sud, du genre *Stenopteris* et surtout du genre *Gingko* dans celles de Queensland, vient encore confirmer avec plus de force l'opinion de ces savants paléontologistes.

II.

NOTE SUR UNE COLLECTION GÉOLOGIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE DE CERESTE ET DE BOIS-D'ASSON (BASSES-ALPES),

PAR M. LE Dr H.-E. SAUVAGE,

AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

Les schistes de Cereste et de Bois-d'Asson appartiennent au terrain miocène et sont à un niveau supérieur à celui d'Aix-en-Provence. Une belle série d'échantillons recueillis par MM. Fliche et Goret a été exposée par eux dans le pavillon des Forêts. Elle comprenait :

	NOMBRE d'échantillons.
Oiseaux (plumes et ossements)	45
Poissons	120
Insectes	360
Végétaux	603
Roches et mollusques	28

Parmi les poissons, les deux types qui prédominent sont un Smerdis et un Lebias d'espèce nouvelle.

Le Lebias (*Lebias Goreti*, Sauvg.), d'assez grande taille, 25 millimètres, se caractérise par sa forme allongée, le dos non voûté, la caudale entièrement développée, un peu arrondie, la dorsale reculée et opposée à l'anale, 28 vertèbres (16 caudales, 12 abdominales), 9 paires de côtes; on compte 10 rayons à l'anale et à la dorsale (Cf. nos 112, 114, 120, 128, 133, etc.).

Le Smerdis (*Smerdis macrurus*, Ag.) a la colonne vertébrale robuste, composée de 26 vertèbres (14 C. + 12 A.), 10 paires de côtes. La hauteur du corps est contenue quatre fois, et la longueur de la tête trois fois et demie dans la longueur totale du corps. On compte VII épines à la dorsale, la première plus longue et plus forte que les autres; I, 10 rayons à la dorsale molle, et III, 7 rayons à l'anale, la seconde épine étant plus longue et plus forte que les autres. La caudale, profondément échancrée, contenue quatre fois et demie dans la longueur du corps, a pour formule 5. 4. 8–7. 1. 5. Les ventrales sont plus courtes que les pectorales. L'angle du préopercule est arrondi et porte de fortes dentelures (Cf. nos 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 138, 139, etc.).

[1] Carruthers, *Quarterly Journal*, t. XXVIII, p. 350 : *Notes on fossil plants from Queensland.*

III.

NOTE SUR UN PALÆONISCUS ET UN ONCHUS DU TERRAIN HOUILLER DE BUXIÈRE (ALLIER),

PAR M. LE Dr H.-E. SAUVAGE,

AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

L'exploitation houillère de Buxière (Allier) avait exposé une série de schistes présentant des empreintes de plantes et de poissons. Ayant pu étudier ces derniers, grâce à l'obligeance de M. Delesse, nous y avons reconnu deux espèces qui nous paraissent nouvelles et qui appartiennent aux genres *Onchus* et *Palæoniscus*.

L'une, que nous désignons sous le nom de *Palæoniscus Delessei*, se distingue de toutes les autres espèces du même niveau par la position qu'occupe la dorsale, opposée à l'origine des ventrales, bien que la dorsale soit aussi reculée que chez les autres espèces du genre.

Le corps est assez court, la hauteur n'étant contenue que deux fois et demie dans la longueur, caudale non comprise. Le dos est peu voûté et la ligne dorsale à peine plus bombée que la ligne ventrale. La tête est presque aussi longue que haute; le profil est fortement incliné et bombé; la longueur de la tête est contenue un peu plus de trois fois dans la longueur du corps, caudale non comprise; le museau est obtus; la bouche est fendue jusqu'au niveau du bord postérieur de l'œil, dont le diamètre, égalant la longueur du museau, est compris un peu plus de trois fois dans la longueur de la tête. L'appareil operculaire est relativement peu développé.

La dorsale, peu développée, commence au-dessous des ventrales pour se terminer bien avant l'origine de l'anale; plus haute que longue, la nageoire est composée de rayons peu nombreux, 20 au maximum, grêles et serrés; les deux ou trois premiers rayons sont plus courts que les suivants, de telle sorte que la nageoire a la forme d'une faux.

Il ne reste qu'une empreinte vague des ventrales, empreinte suffisante toutefois pour que l'on puisse constater que ces nageoires s'attachaient au milieu de l'espace qui sépare l'origine de la caudale du bord postérieur de la tête.

L'anale, beaucoup moins haute que la dorsale, mais aussi longue que celle-ci, est placée plus près des ventrales que de la base de la caudale. Cette dernière nageoire est construite comme dans toutes les autres espèces du genre.

En avant de la dorsale et de l'anale sont quelques écailles plus grandes que les autres. Les écailles qui recouvrent le corps sont lisses, un peu plus grandes dans la partie antérieure du tronc, disposées en une vingtaine de séries transversales entre l'origine de la dorsale et l'espace qui sépare l'anale des ventrales; ces écailles sont insérées en lignes droites et non en séries onduleuses, comme on le remarque chez quelques autres espèces du genre; les écailles qui garnissent le lobe inférieur de la caudale sont plus petites que celles qui recouvrent le lobe supérieur.

Les dimensions prises dans l'exemplaire décrit sont :

Hauteur maximum, $0^{m},052$; hauteur au pédicule caudal, $0^{m},020$; longueur du corps, sans la caudale, $0^{m},150$; longueur de la tête, $0^{m},045$; distance de l'extrémité du museau à l'origine de la dorsale, $0^{m},087$; du museau aux ventrales, $0^{m},085$; du museau à l'anale, $0^{m},117$.

L'Onchus (*Onchus simplex*) se distingue facilement des autres espèces décrites par

la présence d'un ou de deux sillons sur ses faces, les autres espèces portant un beaucoup plus grand nombre de sillons séparés par des côtes souvent épaisses. Le rayon, long de $0^m,053$, large de $0^m,005$ à la base, est légèrement arqué; le bord postérieur est beaucoup plus épais que le bord antérieur; on remarque un sillon placé plus près du bord antérieur que du bord postérieur et parcourant le rayon dans toute sa longueur. Un autre rayon plus petit, $0^m,013$, se rapportant à la même espèce, porte deux sillons sur ses faces.

Annexe n° 4.

EXCURSIONS DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE.

SESSION EXTRAORDINAIRE DE 1878.

Programme : I. Jeudi 5 septembre. Course à Meudon (*Craie, Calcaire pisolithique, Conglomérat, Calcaire grossier, Meulières, etc.*). — II. Vendredi 6 septembre. Course à Étampes (*Calcaire de Beauce, Sables de Fontainebleau*). — III. Samedi 7 septembre. Course à Maignelay (*Sables de Bracheux, Calcaires de Mortemer, Lignites*). — IV. Dimanche 8 septembre. Repos. — V. Lundi 9 septembre. Course à Gournay (*Terrain crétacé inférieur, Terrain jurassique supérieur*). — VI. Mardi 10 septembre. Repos[1]. — VII. Mercredi 11 septembre. Course à Sannois (*Sables de Beauchamp, Calcaire de Saint-Ouen, Gypse, Meulières*). — VIII. Jeudi 12 septembre. Course à Vernon (*Craie glauconieuse, Craie blanche, Terrain tertiaire, Sables éruptifs*). — IX. Vendredi 13 septembre. Course à Cuise et à Pierrefonds (*Sables nummulitiques, Calcaire grossier*).

VANVES, MEUDON ET BELLEVUE.

La première journée a été consacrée à l'excursion classique de Meudon, qui avait pour avantage de permettre d'explorer non seulement la plupart des dépôts qui constituent les terrains tertiaires parisiens, mais encore les assises crétacées sur lesquelles ils reposent.

Plus de quatre-vingts personnes, appartenant à la Société géologique ou au Congrès international, se trouvaient réunies, à dix heures, à la porte de Versailles.

M. Hébert, prenant la direction de cette course, a fait voir successivement, dans les grandes carrières de Mortier-Courtois, à l'entrée du faubourg de Vanves, l'argile plastique et les fausses glaises, puis les diverses assises du calcaire grossier inférieur. Les horizons supérieurs des sables du Soissonnais (sables de Cuise) ne sont pas représentés en ce point; sous les sables glauconieux à nummulites et à dents de squale, la surface inégale et ravinée des fausses glaises témoigne de cette lacune, en accusant une émersion entre les deux dépôts.

Pour étudier le calcaire grossier supérieur, la Société s'est ensuite rendue, au delà du parc d'Issy, dans des exploitations en partie abandonnées, qui lui ont encore fourni une coupe excellente au travers des calcaires à cérithes et des caillasses. Au Bas-Meudon, M. Hébert, après avoir indiqué les diverses zones fossilifères de la craie blanche à bélemnitelles et du calcaire pisolithique, est entré dans quelques développements au sujet des marnes strontianifères immédiatement superposées à ce dernier calcaire et a signalé leurs rapprochements, d'une part, avec le calcaire d'eau douce de Rilly, et, de l'autre, avec le calcaire grossier de Mons. Après avoir traversé le val Fleury pour y

[1] Le mardi 10 septembre, jour pour lequel aucune excursion n'avait été indiquée par la Société géologique, les membres du Congrès ont été admis, sur la présentation de leur carte, à prendre part à une excursion faite par le *Club alpin français* dans la forêt de Fontainebleau, si pleine d'intérêt pour sa magnifique végétation, le pittoresque de ses rochers et les phénomènes d'érosion dont elle a été le théâtre.

revoir les derniers vestiges du célèbre conglomérat ossifère à *Coryphodon* et à *Gastonis*, on a gagné Bellevue, non sans avoir goûté un moment de repos chez M. de Chancourtois, qui avait préparé à la Société, dans sa villa, une réception des plus cordiales.

L'excursion s'est terminée vers cinq heures sur le plateau de la Butte-aux-Gardes, par l'examen des sables de Fontainebleau et des meulières supérieures.

ÉTAMPES, MORIGNY ET JEURRES.

La journée du 6 septembre a été employée par la Société à visiter, aux environs d'Étampes, l'étage marin des sables de Fontainebleau (*Tongrien*, d'Orbigny) et la partie inférieure du calcaire lacustre de la Beauce, qui surmonte les sables.

Cette course, devenue classique comme celle de Meudon, avait été déjà exécutée par la Société en 1855 lors de sa première réunion extraordinaire à Paris, à une époque où les gisements fossilifères d'Étampes étaient presque une nouveauté. Depuis lors ces gisements ont été explorés avec beaucoup de soin, et le grand ouvrage de M. Deshayes notamment, en faisant connaître leur faune malacologique, a permis de les comparer avec ceux des bassins synchroniques de la Belgique, de l'Allemagne, du sud-ouest de la France ou de l'Italie.

Aux environs d'Étampes, l'ensemble des dépôts du miocène inférieur se présente admirablement pour l'étude; la vallée de la Juine est creusée dans le calcaire de Beauce inférieur qui occupe la surface de tous les plateaux et dans la masse des sables de Fontainebleau qui forment les parois mêmes de la vallée; le fond est constitué par la formation d'eau douce de la Brie et les marnes vertes. De plus les gisements fossilifères les plus importants pour l'étude de ce groupe sont tous rassemblés dans cette petite région : pour la base des sables de Fontainebleau, en aval d'Étampes, entre cette ville et le village d'Étrechy; pour la partie supérieure des sables et le calcaire de Beauce, en amont de la ville.

Les convenances pratiques de la course obligeaient à prendre la coupe des terrains par les plus récents et à descendre ensuite successivement jusqu'aux plus anciens. La Société s'est donc rendue, dans la matinée, au delà de la ville d'Étampes, à la côte Saint-Martin, qui lui a offert une belle coupe du calcaire de Beauce couronnant en escarpement de 15 à 20 mètres la masse des sables purs de Fontainebleau. Son attention s'est surtout portée sur les couches de transition qui séparent ces deux formations, et qui, très visibles dans toute l'étendue de la falaise, se montrent constituées sur 2 à 3 mètres d'épaisseur par une alternance de marnes et de calcaires marneux à coquilles terrestres (*Cyclostoma antiquum*, *Helix*, *Pupa*, etc.), et de couches ligniteuses à *Potamides Lamarkii* et *Paludestrina Dubuissoni*.

Elle s'est ensuite transportée à 3 kilomètres environ plus à l'Ouest, dans la direction du petit vallon de la Challouette, pour étudier de nouveau ces couches de contact, dans une petite carrière située sous bois, un peu en avant du moulin de Vassé.

Elle a retrouvé là ces mêmes assises qui forment la base du calcaire de Beauce et correspondent aux meulières à potamides de Montmorency, Palaiseau, etc., en constatant au milieu d'elles, dans une petite couche ligniteuse brunâtre, la présence de la faune marine d'Ormoy représentée là par ses espèces les plus caractéristiques (*Cardita Bazini*, *Cerithium plicatum*, var. *Galeottii*, *Cytherea incrassata* (*minor*), etc.).

Ce fait est des plus intéressants; il établit, d'une façon incontestable, une liaison intime entre les sables marins de Fontainebleau et la formation lacustre de la Beauce.

Dans l'après-midi, la Société s'est dirigée d'Étampes sur Étrechy, afin de visiter les deux horizons fossilifères de Morigny et de Jeurres, à la base des sables de Fontainebleau, puis elle s'est séparée vers cinq heures, après avoir reconnu l'affleurement des couches à *Cerith. conjunctum* du pont d'Étrechy.

MAIGNELAY, COIVREL ET MORTEMER.

Arrivés à la station de Maignelay à neuf heures cinquante minutes du matin, les membres de la Société ont pris la route de Tricot pour visiter la butte de Coivrel.

Deux faits surtout ont pu être vérifiés : d'abord la position du *Calcaire de Mortemer* sur les flancs nord, ouest et est de la butte de Coivrel, immédiatement au-dessus de la dernière couche des sables de Bracheux et au-dessous des lignites dont ils sont séparés par des argiles plus ou moins plastiques retenant un niveau d'eau; ensuite l'existence au-dessus des lignites d'un épais massif de sables de couleur jaune clair, avec galets et grès coquilliers à la partie supérieure, sables qui forment une assise bien distincte reconnue pour la première fois à Sinceny.

Après avoir déjeuné à Maignelay, la Société a repris la route de Tricot et visité un gisement fossilifère de sables de Bracheux, près du moulin, coté 100 mètres sur le territoire de Courcelles-Épayelles, et au commencement d'un grand plateau qui, vers l'Est, se relie à celui où sont ouvertes les exploitations du calcaire bien développé à Mortemer. On a pu constater au moulin de Courcelles, comme dans la carrière du grand bois de Mortemer, la superposition directe du calcaire sur la dernière couche à huîtres des sables de Bracheux. Enfin les sables eux-mêmes ont été étudiés dans toute leur épaisseur dans les sablières ouvertes dans le petit bois au sud de Rollot, et le retour à Maignelay s'est effectué à six heures.

GOURNAY ET LE PAYS DE BRAY.

L'objet de cette course était de donner aux membres de la Société et du Congrès une idée de la composition des couches jurassiques et crétacées dans le pays de Bray, ainsi que de l'allure qui leur a été imprimée par le soulèvement de la contrée. A cet effet, on a parcouru successivement la route de Gournay à Songeons jusqu'à Buicourt, le chemin de Buicourt à Gerberoy, la route de Gerberoy à Gournay jusqu'à Hannaches, enfin celle d'Hannaches à Gournay par Auchy-en-Bray et Ferrières. Les formations qu'on a pu étudier dans cette journée sont, de haut en bas, les suivantes : craie marneuse, craie glauconieuse, glaise argileuse, gault, sables verts, glaise panachée, terres à pots et grès ferrugineux, sables blancs et argiles réfractaires, portlandien supérieur, moyen et inférieur, lumachelles, argiles et calcaires lithographiques du kimméridien. Partie à six heures vingt minutes du matin, la Société était de retour à onze heures quarante-cinq du soir.

LA FRETTE ET SANNOIS.

Cette course, qui avait pour objet principal l'étude des sables de Beauchamp, du calcaire de Saint-Ouen et du gypse, devait compléter celle précédemment faite à Meudon, où ces diverses assises n'avaient pu être examinées.

Non loin du village de la Frette, une tranchée faite au travers de la terrasse qui règne sur la rive droite de la Seine, sous les buttes de Cormeil, a mis au jour, sur une grande étendue, l'ensemble des dépôts compris entre les caillasses du calcaire grossier et les marnes marines qui commencent la série du gypse. C'est à l'examen de cette coupe intéressante, dont le détail avait été récemment relevé avec un soin minutieux par MM. Carez et Vasseur[1], que la Société a consacré toute sa matinée.

Après avoir déjeuné à la Frette, la Société, en gravissant les buttes de Cormeil, a pu revoir, au-dessus des sables de Fontainebleau, les meulières de Beauce qu'on

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. IV, p. 471.

exploite en de nombreux points sur le plateau, et qui se montrent là remarquablement riches en fossiles. Puis, après une courte halte aux Moulins, elle est descendue par les plâtrières de Sannois, dans les carrières Bapts, sous la butte d'Orgemont, près d'Argenteuil, en traversant ainsi les différentes masses du gypse. Dans cette deuxième partie de l'excursion, les marnes jaunes à *Cyrena convexa* à la base du miocène, les couches marines à *Lucina Heberti*, intercalées entre la seconde et la première masse du gypse, les marnes marines *infra*-gypseuses à *Pholadomya Ludensis* sont les points principaux qui ont fixé son attention.

VERNON, COURCAILLE ET LE CHÂTEAU DE LA MADELEINE.

Au départ de Paris, les géologues qui assistent à la course reçoivent, par les soins de M. de Chancourtois, une carte géologique de la région que la Société doit visiter, accompagnée d'une feuille de coupes et d'une notice explicative.

En arrivant à Vernon, la Société se dirige au sud de Bizy où elle étudie la faille de Vernon; puis parcourant la forêt de Bizy, elle visite, au nord de Courcaille, la carrière où MM. Potier et Douvillé ont signalé un filon des *sables* dits *éruptifs*, traversant et bouleversant les assises du calcaire grossier qu'ils dolomitisent par places. Au-dessus, dans la tranchée du chemin de fer, le filon s'élargit et recoupe les marnes vertes et les meulières de la Brie.

La Société revient ensuite à Vernon et passe la Seine pour se diriger sur la rive droite vers le château de la Madeleine. Elle étudie sur sa route diverses carrières ouvertes dans la craie marneuse qui offre trois zones caractérisées de haut en bas par la *Terebratulina gracilis*, par la *Rhynchonella Cuvieri* avec l'*Echinoconus subrotundus*, enfin par l'*Inoceramus labiatus*. Au-dessous vient la craie glauconieuse, avec les fossiles de Rouen, *Epiaster crassissimus*, *Ammonites varians*, etc. Au château même, la Société examine les échantillons d'un sondage exécuté en ce point, qui a pénétré dans le gault et les sables verts. Elle visite enfin l'aménagement qui a été fait des eaux artésiennes, ainsi que le bélier hydraulique installé dans le but de surélever le niveau d'une partie des eaux jaillissantes. Un lunch gracieusement offert par la châtelaine, Mme Thénard, termine cette excursion intéressante, et la Société rejoint les voitures qui la ramènent à la gare de Vernon.

PIERREFONDS ET CUISE.

La Société s'est réunie, à sept heures du matin, à la gare du Nord et s'est rendue par le chemin de fer à Compiègne où des voitures l'attendaient pour la transporter à Pierrefonds.

Après une courte visite au château, on s'est mis en route par la forêt pour gagner, dans les gorges du Han, les riches gisements fossilifères de sables supérieurs du Soissonnais, dont la visite a été le but principal de la journée; puis la Société a longuement examiné, dans les talus de la route de Cuise, les sables glauconieux à petits galets de quartz, avec nummulites et nombreuses dents de squales qui surmontent les sables de Cuise et forment la base du calcaire grossier dont les bancs inférieurs sont en ce point également sableux, presque sans fossiles et chargés de rognons tuberculeux. On est descendu ensuite vers les étangs, pour rejoindre les voitures qui devaient ramener la Société à Compiègne par les Beaux-Monts.

Une dernière halte a été faite, près du champ de tir, au milieu des couches à *Ostrea bellovaccina* et des marnes à *Cyrena cuneiformis* qui terminent la série des lignites du Soissonnais et supportent directement les sables que l'on venait d'étudier.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

Arrêté du Ministre de l'agriculture et du commerce autorisant le Congrès 1

Organisation du Congrès. — Comité fondateur, Comité d'organisation et Conseil. 2

Programme adopté par le Conseil 6

Règlement général 6

Liste générale des membres du Congrès 7

Délégations 19

Composition du Bureau du Congrès 20

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES.

Séance d'ouverture, le jeudi 29 août 1878 23

Sommaire. — Allocution de M. le Président du Comité d'organisation. — Allocution de M. le Ministre de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts. — Compte rendu des travaux du Comité d'organisation par M. le Secrétaire général. — Élection du Bureau du Congrès; nomination de M. Liversidge comme vice-président pour l'Australie. — **Représentation et coordination des faits d'alignement (failles et filons).** — Communications: Études expérimentales sur les déformations et les cassures de l'écorce terrestre, par M. Daubrée. — Études sur les failles de la région occidentale du Morvan, par MM. Michel-Lévy et Vélain. — Expériences sur les effets des refoulements ou écrasements latéraux en géologie, par M. A. Favre. — Observations sur la structure des Alpes, par M. Lory. — Étude des alignements orographiques, hydrographiques et stratigraphiques, par M. de Chancourtois. — Observations sur les plissements de la craie entre la France et l'Angleterre, à propos du chemin de fer sous-marin, par M. de Lapparent. — Observations sur la répétition des mêmes mouvements du sol à de longs intervalles, par M. Ch. Barrois. — Observations sur la diminution des sources et des rivières, par M. l'abbé Richard.

Séance du vendredi 30 août 1878 60

Sommaire. — Nomination de M. Lesley comme vice-président pour les États-Unis. — **Unification des travaux géologiques au point de vue de la nomenclature et du figuré.** — Communications : Sur la nomenclature des terrains paléozoïques aux États-Unis, par M. James Hall. — Sur l'emploi des couleurs et des termes désignant les subdivisions des terrains, par M. Renevier. — Sur l'unification des travaux géologiques en général, et particulièrement en ce qui concerne les figurés conventionnels (tracés, notations, signes, couleurs), par M. de Chancourtois. — Sur l'uniformité de la nomenclature géologique dans tous les pays, en ce qui regarde les terrains et les étages, par M. Stéphanesco. — Sur l'adoption de

Pages.

SUBDIVISIONS UNIFORMES POUR LES TERRAINS TERTIAIRES, par M. Rutot. — INDICATION DES RÈGLES À ADOPTER POUR RÉDIGER UN DICTIONNAIRE DE GÉOLOGIE, par M. Vilanova. DISCUSSION : MM. Sterry Hunt, Barrande, Capellini, Buvignier, de Chancourtois et Gosselet.

SÉANCE DU SAMEDI 31 AOÛT 1878 97

SOMMAIRE. — Dons. — **Questions relatives aux limites et aux caractères de quelques terrains.** — COMMUNICATIONS : SUR LES LIMITES DU TERRAIN CAMBRIEN, par M. Sterry Hunt. — SUR LE MAINTIEN DE LA NOMENCLATURE ÉTABLIE PAR MURCHISON, par M. Barrande. — OBSERVATIONS de MM. Hébert et Ch. Mayer. — SUR LA NOMINATION DES COMMISSIONS INTERNATIONALES POUR L'UNIFICATION DE LA NOMENCLATURE ET DU FIGURÉ DES CARTES GÉOLOGIQUES, par M. A. Favre. — COMPOSITION ET DIVISIONS GÉNÉRALES DU SYSTÈME CARBONIFÈRE, par M. de Moeller. — OBSERVATIONS de MM. Gosselet et de Lapparent. — LIMITES DU TERRAIN CARBONIFÈRE ET DU TERRAIN PERMIEN EN AMÉRIQUE, D'APRÈS L'ÉTUDE DE LEURS FLORES, par M. Lesley. — OBSERVATIONS de M. Hébert. — LIMITES DU TRIAS ET DU LIAS DANS LE MORVAN, par M. Ch. Vélain. — OBSERVATIONS de M. Michel-Lévy. — SUR QUELQUES FOSSILES CAMBRIENS, par M. Malaise. — PROJET DE RÉIMPRESSION DES OUVRAGES DE PALÉONTOLOGIE, par M. Almera. — OBSERVATIONS SUR L'UTILITÉ D'UN LANGAGE UNIFORME, par M. Vilanova.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1878 143

SOMMAIRE. — Dons. — **Valeur respective des faunes et des flores au point de vue de la délimitation des terrains.** — COMMUNICATIONS : RELATIONS DES NIVEAUX DE VERTÉBRÉS ÉTEINTS EN AMÉRIQUE ET EN EUROPE, par M. Cope. — OBSERVATIONS de MM. Gaudry et Matheron. — DE LA SYNONYMIE DES ESPÈCES AU POINT DE VUE DU DROIT DE PRIORITÉ, par M. Gosselet. — OBSERVATIONS de M. Jannettaz. — AMORPHOZOAIRES DU TERRAIN SILURIEN INFÉRIEUR DE BRETAGNE, par M. Marie Rouault. — CLASSIFICATION DES TERRAINS QUATERNAIRES, par M. de Mortillet. — OBSERVATIONS de MM. Favre, Reboux et de Rosemont. — ORIGINE DES DUNES MARITIMES DES PAYS-BAS, par M. Winkler. — RÔLE DE L'INFILTRATION DES EAUX MÉTÉORIQUES DANS L'ALTÉRATION DES ROCHES, par M. Vanden Broeck. — OBSERVATIONS de M. Buvignier. — CARTE GÉOLOGIQUE DES ÉTATS-UNIS, par M. W. P. Blake. — MÉLANGE D'HORIZONS STRATIGRAPHIQUES PAR SUITE DES MOUVEMENTS DU SOL; COLONIES DANS LE TERRAIN JURASSIQUE FRANÇAIS, par M. Choffat. — OBSERVATIONS de MM. Renevier et Gosselet. — FORMATIONS TERTIAIRES DU PORTUGAL, par M. le colonel Ribeiro. — OBSERVATIONS de M. Tournouër.

SÉANCE DU MARDI 3 SEPTEMBRE 1878 215

SOMMAIRE. — **Valeur de la composition minéralogique et de la texture des roches, au point de vue de leur origine et de leur âge.** — COMMUNICATIONS : MICROCLINE ET FELDSPATHS TRICLINIQUES, par M. Des Cloizeaux. — EMPLOI DU MICROSCOPE POLARISANT À LUMIÈRE PARALLÈLE POUR L'ÉTUDE DES ROCHES, par M. Michel-Lévy. — OBSERVATIONS de M. Sterry Hunt. — RAPPORT DE LA PROPAGATION DE LA CHALEUR DANS LES ROCHES ET DE LEUR STRUCTURE AU POINT DE VUE DE LEUR ORIGINE, par M. Jannettaz. — TERRAINS PRÉCAMBRIENS DE L'AMÉRIQUE DU NORD, par M. Sterry Hunt. DISCUSSION : MM. Selwyn, Ch. Barrois et Sterry Hunt. — CLASSIFICATION ET CHRONOLOGIE DES ROCHES ÉRUPTIVES TERTIAIRES DE LA HONGRIE, par M. Szabo. — OBSERVATIONS de M. Vélain. — ORIGINE DES VOLCANS, par M. Virlet d'Aoust.

SÉANCE DU MERCREDI 4 SEPTEMBRE 1878 249

SOMMAIRE. — COMMUNICATIONS : SUR LE CALCAIRE BLEU ÉRUPTIF DES ENVIRONS D'ALGER, par M. Delesse, au nom de M. Bourjot. — SUR LE *KETTLE MORAINE*, DE LA RÉGION DES GRANDS LACS DE L'AMÉRIQUE DU NORD, par M. Chamberlin. — SUR LE *REPORT OF THE COMMITTEE OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF 1876 ON BIOLOGICAL NOMENCLATURE*, par